

Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo

Ángela Arango-Galván, Leopoldo Cutz-Pool y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
arangela@hotmail.com

Introducción

Un componente dominante de la fauna edáfica, junto con los ácaros, son los colémbolos (Takeda *et al.*, 1984), a los cuales se les puede encontrar en la hojarasca y en el humus (Cassagnae *et al.*, 2003, 2004), y se consideran como habitantes típicos de suelo (Arbea y Blasco-Zumeta, 2001). La mayoría de los colémbolos se alimentan de hifas de hongos o de material vegetal en descomposición (Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1994). También existen algunas especies carnívoras que se alimentan de nemátodos, rotíferos, tardígrados, bacterias, protozoarios y de otros colémbolos (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta, 1994; Rusek, 1998), y muy pocos se alimentan de algas y de tejidos vegetales de algunas especies de musgos (Gerson, 1969; Rusek, 1998; Johnston, 2000). Por otra parte, los colémbolos también constituyen el alimento de muchos insectos (como hormigas y escarabajos), de ácaros prostigmados de la familia Bdellidae y de esquizómidos, por lo cual tienen gran relevancia en su papel como intermediarios en las cadenas tróficas edáficas (Rusek, 1998; de Armas, 2005).

Por el tipo de alimentación que tienen, juegan un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica, al fraccionar y triturar los restos vegetales aumentando la superficie de implantación de la microflora (Arbea y Blasco-Zumeta, 2001), además de controlar las poblaciones de bacterias y hongos patógenos (Nakamura *et al.*, 1992; Sabatini e Innocenti, 2001).

Los colémbolos son muy importantes por su influencia sobre la estructura de algunos suelos. La mayoría de ellos contienen millones de heces fecales de colémbolos que pueden retardar la liberación de nutrientes esenciales para que las tomen las raíces de las plantas, y que sirven como sustrato para una gran cantidad de microorganismos (Butcher *et al.*, 1971; Palacios-Vargas *et al.*, 2000).

Se conocen cerca de 7,500 especies de colémbolos que se distribuyen ampliamente por el mundo, ya que tienen gran capacidad para ocupar diversos hábitats (Hopkin 1998, 2002a). A pesar de su notoria abundancia, su biomasa relativa en el suelo es generalmente baja: en ecosistemas templados representa entre 1 y 5%, en zonas árticas cerca de 10%, pero suele tener 33% en ecosistemas en estados tempranos de sucesión (Hopkin, 2002b).

En México se tienen registros de 714 especies de colémbolos (Castaño-Meneses, 2005) y en algunos sitios se registra una alta riqueza de especies como en la selva mediana subperennifolia de Noh-Bec, Q. Roo (107 especies; Cutz-Pool *et al.*, 2003), en la selva baja inundable de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Q. Roo (79; Vázquez y Palacios-Vargas, 2004), en la selva baja caducifolia de la Estación Biológica Chamela, Jal. (64; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1993), y en la selva tropical húmeda de Chiapas (43 especies; Palacios-Vargas, 2003).

La supervivencia y la distribución horizontal de los colémbolos está determinada por la disponibilidad de alimento y abrigo, por el microclima y por la com-

posición y espesor del mantillo (Guillén *et al.*, 2006). Por otra parte, los colémbolos en su mayoría tienden a registrar una baja actividad en la temporada de sequía reduciendo sus poblaciones de un 30 a un 90% (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2003). Se infiere por lo tanto que la precipitación y la humedad de los suelos constituyen factores clave que afectan a muchas poblaciones de colémbolos (Cutz-Pool *et al.*, 2007).

Existen pocos estudios acerca de la fauna colembológica de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, D.F. (México) (en adelante, REPSA o Reserva del Pedregal), entre los que se cuentan el de Palacios-Vargas (1981) y el de Arango-Galván *et al.* (2007). Dentro de la Reserva se reconocen dos tipos de paisaje: unos sitios abiertos caracterizados por presentar bajas densidades de árboles y arbustos altos, y sitios cerrados caracterizados por una alta densidad de árboles y arbustos de más de 2.5 m de altura (Cano-Santana, 1994). Es posible que estas unidades de paisaje tengan un efecto sobre la densidad, riqueza y diversidad de colémbolos.

Por tal motivo, el presente trabajo busca conocer la estructura de la comunidad de los colémbolos que se asientan en las primeras etapas de colonización del mantillo proveniente de las cuatro especies de plantas más importantes de la REPSA en términos de productividad primaria neta aérea. Este estudio busca también conocer las diferencias entre sitios en esta estructura de la comunidad.

Métodos

Especies seleccionadas

Se seleccionó material vegetal de cuatro especies de plantas: hojas senescentes de *Buddleia cordata* Kunth (Loganiaceae), tallos, hojas y frutos maduros y seniles de *Dahlia coccínea* Cav (Asteraceae), hojas e infrutescencias de *Muhlenbergia robusta* Hitch (Poaceae) y hojas senescentes de *Verbesina virgata* Cav (Asteraceae), por ser las cuatro especies de plantas dominantes de la comunidad vegetal en términos de su productividad primaria neta aérea, las cuales juntas aportan el 52.2% (Cano-Santana, 1994).

Colecta y procesamiento de muestras

Se colectó material senescente de las cuatro especies vegetales más abundantes en la REPSA, se secó a temperatura ambiente y se colocó en cantidades iniciales de 10 g dentro de bolsas de malla de 20 × 20 cm con dos tamaños de apertura (1.5 y 6 mm), las cuales fueron colocadas en el piso en diez sitios de 10 × 10 m dentro de la Reserva, cinco localizados en sitios abiertos y cinco en sitios cerrados. El diseño consistió en 2 tipos de sitio × 2 tipos de malla × 7 colectas. Se recuperaron cuatro bolsas de cada sitio cada 45 días, durante doce meses, de diciembre 1999 a diciembre del 2000, para obtener un total de 280 bolsas del material procesado (cuatro por tratamiento). La extracción de los colémbolos se realizó utilizando la técnica de embudos de Berlesse-Tullgren con focos de 25 W. Los organismos se preservaron en alcohol al 70%, se separaron y se contabilizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Se hicieron preparaciones permanentes con líquido de Hoyer para la identificación. Estas determinaciones fueron hechas con ayuda de un microscopio óptico de contraste de fases y con el apoyo de diferentes claves taxonómicas adecuadas para el grupo: Christiansen y Bellinger (1980-81), Arbea y Arbea (1989), Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1993), Díaz-Azpiazu *et al.* (2004) y Janssens (2007).

Las preparaciones permanentes fueron depositadas en la Colección del Laboratorio de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Análisis de datos

Se determinaron las abundancias relativas, la riqueza de especies (S), los índices de diversidad de Shannon-Wiener con base logaritmo natural (H'), de equitatividad de Pielou (J') y de dominancia de Simpson (λ), utilizando el programa estadístico de Ludwig y Reynolds (1988).

Se determinó el efecto de la fecha de colecta, el tipo del sitio y la abertura de malla sobre la densidad de colémbolos con un análisis de varianza multifactorial. Además, se compararon los índices de diversidad de Shannon-Wiener con una prueba de t (Zar, 1984; Magurran, 1988).

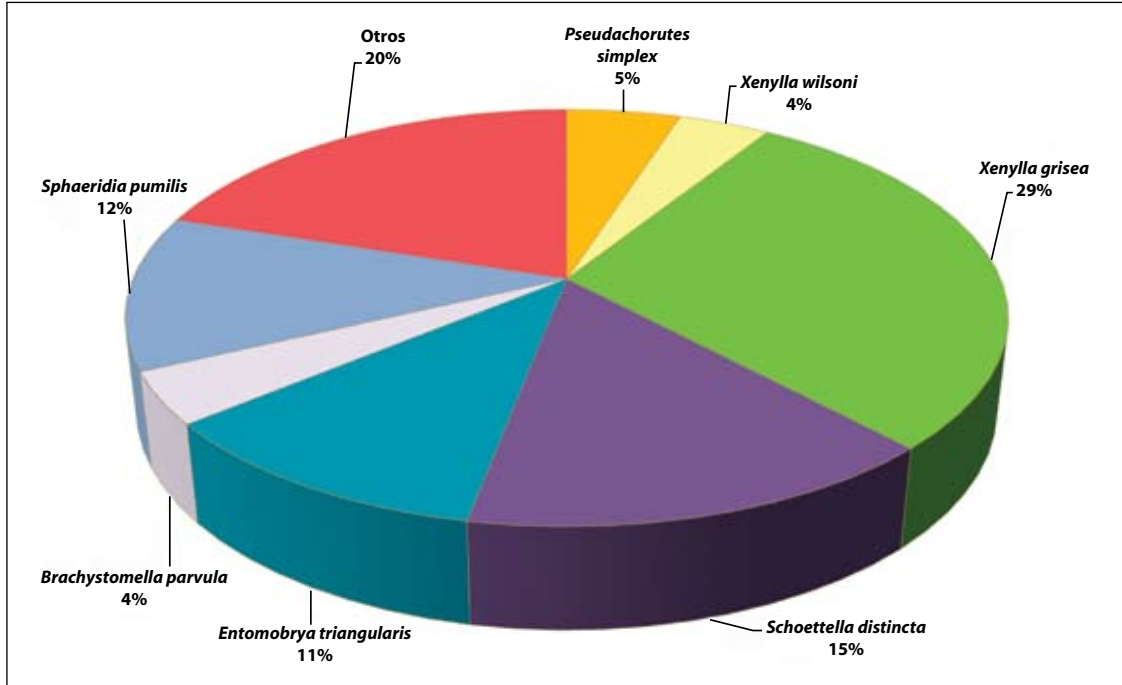


FIG. 1. Abundancia relativa de especies de colémbolos encontrados en la Reserva del Pedregal. Datos de colecta realizados entre enero y diciembre de 2000.

Resultados

Se colectaron un total de 2,268 colémbolos pertenecientes a 24 especies, distribuidas en 17 géneros y nueve familias (Tabla 1). La familia Hypogastruridae fue la que presentó una mayor riqueza de especies (siete), seguida de la familia Isotomidae (cinco), Entomobryidae (tres), Sminthuridae, Sminthuridae y Arrhopalidae (dos), mientras las otras tres familias registraron una sola especie (Tabla 1). Las especies con mayor abundancia durante el estudio fueron *Xenylla grisea* Axelson (29%), *Schoettella distincta* (Denis) (15%), *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer) (12%) y *Entomobrya triangularis* Schött (11%) (Fig. 1). Se muestran fotografías de las especies dominantes en las Figs. 2 y 3. En la temporada de lluvias se colectaron 2,154 ejemplares pertenecientes a 23 especies, mientras que en la de sequía se registraron 114 individuos pertenecientes a sólo dos especies: *Entomobrya atrocineta* y *E. triangularis*.

De manera general los colémbolos registraron bajas densidades en los primeros meses del ensayo (sitio

abierto: 0.2 ± 0.1 , sitio cerrado: 1 ± 0.02 ind./bolsa), sin embargo registran dos periodos de alta densidad: junio (sitio abierto: 36.0 ± 5.3 , sitio cerrado: 80.0 ± 4.3 ind./bolsa) y septiembre (sitio abierto: 28.4 ± 3.1 , sitio cerrado: 41.8 ± 6.0 ind./bolsa), registrándose bajas densidades en julio (sitio abierto: 0.7 ± 0.1 , sitio cerrado: 3.2 ± 0.4 ind./bolsa) y en diciembre de 2000 (sitio abierto: 0.4 ± 0.05 , sitio cerrado: 0.4 ± 0.1 ind./bolsa) (Fig. 4).

Los primeros colonizadores en el proceso de descomposición de este experimento fueron aquellas especies pertenecientes a la familia Entomobryidae (*Entomobrya atrocineta* y *E. triangularis*), las cuales se registraron en los meses de marzo y mayo (Tabla 1), posteriormente al inicio de la temporada de lluvias, se presentaron especies representando a la mayoría de las familias exceptuando a Arrhopalidae y Dicyrtomidae, las cuales fueron registradas hasta mediados de la temporada de lluvias (Tabla 1).

La mayoría de las especies (23) se registraron exclusivamente en la temporada de lluvias, excepto dos

Tabla 1. Registros de cada especie de colémbolos asociados al mantillo durante los muestreos realizados entre enero y diciembre de 2000 en la Reserva del Pedregal. Se registra el número de ejemplares colectados en cada temporada. + Nuevos registros para el Pedregal de San Ángel. * Nuevos registros para el Distrito Federal. La temporada de sequía abarca de noviembre a mayo y la de lluvias de junio a octubre. en= 31 de enero, mz= 14 de marzo, my= 4 de mayo, jn= 26 de junio, sp= 14 de septiembre y dc= 15 de diciembre). El significado de los valores de Abundancia se explica en el apartado de Análisis de datos.

Familia/especies	Lluvias	Sequía	en	mz	my	jn	sp	dc
Hypogastruridae								
+ <i>Ceratophysela denticulada</i> (Bagnall, 1941) Stach, 1949	22							X
+ <i>Schoettella distincta</i> (Denis, 1931) Bonet, 1931	347					x	x	X
+ <i>Xenylla grisea</i> Axelson, 1900	646					x	x	X
+ * <i>X. wilsoni</i> da Gama, MM, 1974	82						x	
+ * <i>X. ca. boernerii</i>	52							X
+ * <i>X. boernerii</i> Axelson, WM, 1905	30							x
+ <i>X. christianseni</i> da Gama, MM, 1974	15						x	
Brachystomellidae +								
+ * <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1896) Stach, 1926	83					x		
Neanuridae +								
+ * <i>Pseudachorutes simplex</i> Maynard, EA, 1951	119					x		x
Isotomidae								
<i>Folsomides parvulus</i> Stach, 1922	33					x		
+ <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896) Bagnall, 1940	34						x	
+ <i>Isotoma</i> sp.	9						x	
+ <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896) Yosii, 1939	10					x		
+ * <i>Isotomurus ca. cibus</i>	32					x		
Entomobryidae								
+ <i>Entomobrya atrocincta</i> Schött, 1896		17		x				
+ <i>E. triangularis</i> Schött, 1896	163	97		x	x	x		
+ * <i>Pseudosinella ca. aera</i>	29						x	
Sminthurididae +								
+ * <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898) Agrell, 1934	277					x	x	x
+ * <i>S. serrata</i> Folsom & Mills, 1938	12					x		
Arrhopalitidae +								
+ * <i>Arrhopalites ca. benitus</i>	26						x	x
+ * <i>Collophora quadriculata</i> (Denis, 1933)	15						x	
Dicyrtomidae +								
+ <i>Ptenothrix marmorata</i> (Packard, 1873) Mills, HB, 1934	19						x	
Sminthuridae								
+ * <i>Sminthurus butcheri</i> Snider, RJ, 1969	38					x		
+ * <i>Neosminthurus clavatus</i> (Banks, 1897) Guthrie, 1903	61					x		x
Abundancia	2,154	114						
S	23	2						
H'	2.58	0.42						
J'	0.69	0.65						
Λ	0.10	0.74						

especies de la familia Entomobryidae (*E. triangularis* y *E. atrocincta*), las cuales fueron registradas tanto en la temporada de lluvias como en la de secas (Tabla 1).

Se encontró un efecto significativo de la fecha de colecta ($F_{6, 476}=11, P<0.001$), pero no de la abertura de malla ($F_{1,476}=0.09, P<0.001$) ni del tipo de sitio ($F_{1,476}=0.23, P<0.001$) sobre la densidad de colémbolos presentes en el mantillo. En la temporada de lluvias se registró mayor abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad, así como menor índice de dominancia que en la temporada de secas (Tabla 1). Se presentaron diferencias significativas entre temporadas en el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($t_{115}=2.626, P<0.05$)

Discusión

En este trabajo los colémbolos presentaron una abundancia total de 2,268 ind., valor similar al que trabajaron Ardanaz y Jordana (1986) en un prado de matorral en Navarra, España (2,344 ind.) durante un año de recolecta mensual.

De acuerdo a los datos anteriores podemos decir que en el proceso inicial de la sucesión degradativa del mantillo, intervienen únicamente especies pertenecientes a la familia Entomobryidae, y conforme el proceso de descomposición avanza, el arribo de las demás especies de Collembola se hace notoria (Tabla 1).

La alta abundancia y riqueza que se presenta en la temporada de lluvias, puede obedecer al comportamiento favorable para la mayoría de las especies de colémbolos, ya que una humedad adecuada favorece la descomposición de la hojarasca reflejado en un aumento de la materia orgánica del cual se podrían estar alimentando estas especies.

Una de las causas posibles de no haber encontrado un efecto significativo de la abertura de malla y del tipo de sitio sobre las densidades poblacionales de colémbolos, probablemente se explica debido a que la diferencia entre éstas en cuanto a su abertura no fue lo suficientemente contrastante como para hacer una diferencia en las comunidades de colémbolos. Por otro lado, es probable que la malla haya proporcionado un efecto microclimático, proporcionando condiciones similares en ambos sitios.

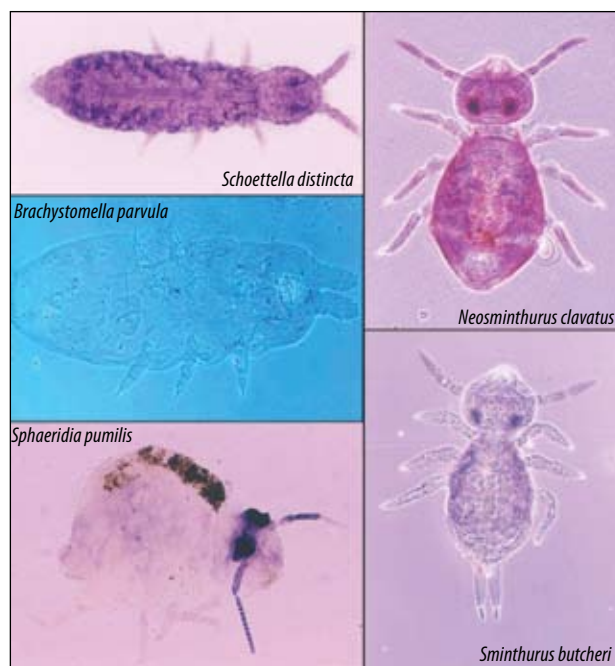


FIG. 2. Colémbolos representativos del mantillo de la Reserva del Pedregal.

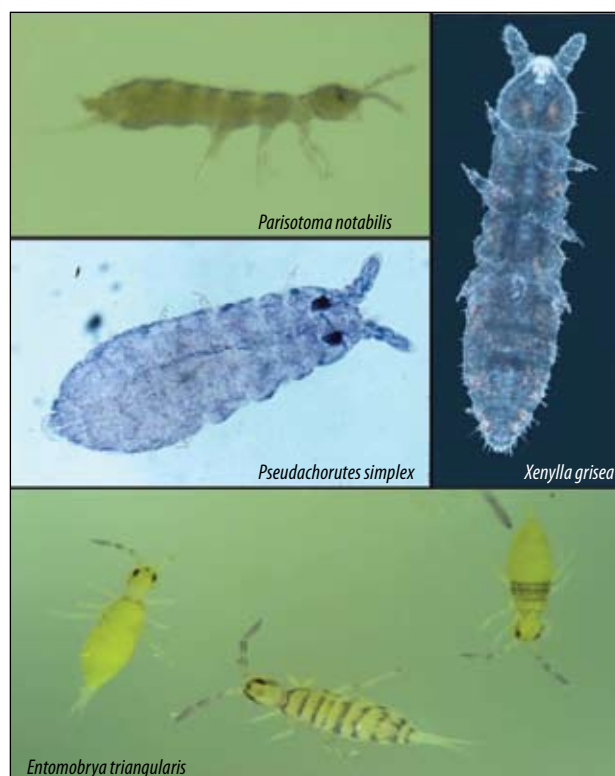


FIG. 3. Colémbolos representativos del mantillo de la Reserva del Pedregal.

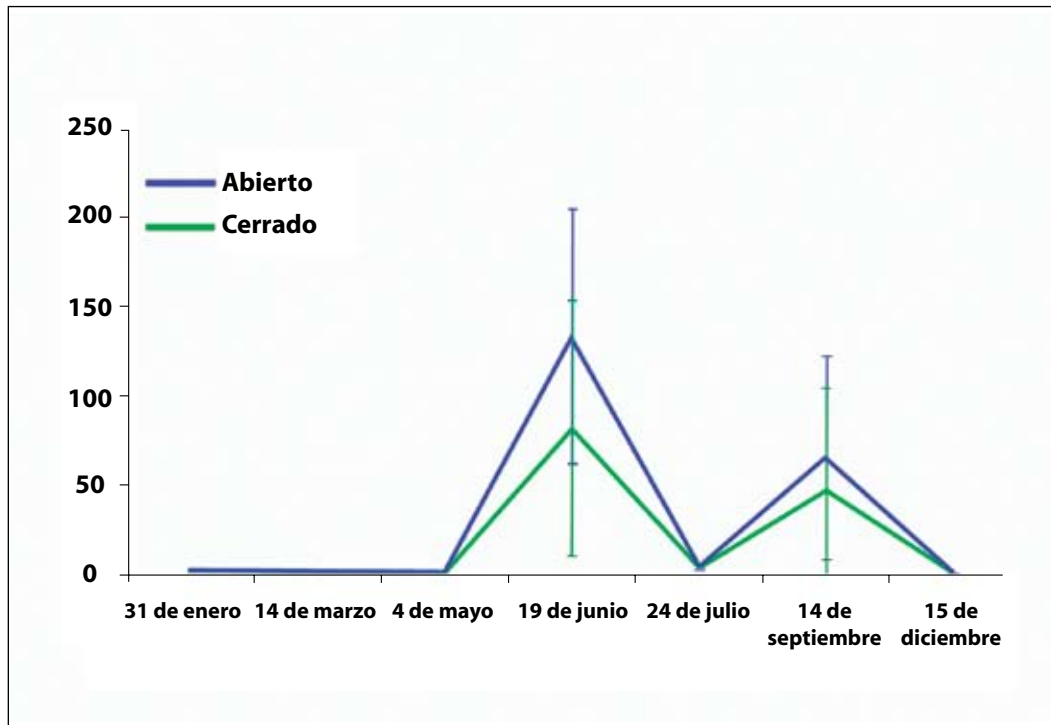


FIG. 4. Densidad de organismos (No./bolsa \pm e.e.) en el ensayo de descomposición de hojarasca mixta en dos ambientes contrastantes de la Reserva del Pedregal durante el año 2000.

Por otra parte, la disminución de la abundancia y de la riqueza en la época de sequía está ligada precisamente a una falta de humedad idónea para ejercer las funciones de los colémbolos. En esta temporada las dos especies que se presentan son *Entomobrya atrocincta* y *E. triangularis*, especies que podrían soportar las condiciones secas del ambiente. Esta reducción tan drástica en la abundancia y riqueza es semejante a lo que encontraron Palacios-Vargas y Castaño-Meneses (2003) en un bosque tropical seco en Jalisco.

El número de especies reportadas para la Reserva del Pedregal es ligeramente bajo (24) con relación a lo que reporta Ardanaz y Jordana (1986) para un matorral (32) en las Peñas de Echauri en Navarra, España. Por otra parte, el total de especies en este estudio es elevado comparado con lo que Palacios-Vargas (1981) reporta para el Pedregal de San Ángel en un trabajo previo (17 especies). También es elevado si se compara con las cuatro especies reportadas por Detsis (2000) en una zona cercana al río Nestos en el noroeste de Grecia, con un clima mediterráneo subhúmedo. Las discrepancias en los resultados obtenidos en este estudio y

el de Palacios-Vargas (1981) deben estar relacionados con el hecho de que el segundo abordó el estudio de colémbolos asociados al suelo mineral, que generalmente es más pobre en especies.

Para el Distrito Federal (D.F.) se tienen registradas 102 especies pertenecientes a 48 géneros y 15 familias (Palacios-Vargas *et al.*, 2000; 2004). De las nueve familias encontradas en este estudio, cinco no se habían registrado antes para esta zona: Arrhopalididae, Brachystomellidae, Dicyrtomidae, Neanuridae y Sminthuridae. Por otra parte, de las 24 especies que se reportan 23 de ellas son nuevos registros para la Reserva del Pedregal y 13 son los primeros registros para el D.F.

Dadas las 102 especies registradas por Palacios-Vargas *et al.* (2000; 2004) y los 13 registros nuevos para el D.F., encontrados en este trabajo, se incrementa a 115 el número de especies registradas para el D. F. Por esta razón esta entidad federativa pasa a tomar la segunda posición después del estado de Veracruz en cuanto a la riqueza específica conocida de colémbolos en la República Mexicana.

Agradecimientos

A Carmina Martínez, Carlos Anaya y Víctor López Gómez por el apoyo incondicional en el trabajo de campo. También agradecemos al Dr. José G. Palacios Vargas por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios. Al M. en C. Alejandro Martínez Mena por el material fotográfico.

Literatura citada

- ARANGO-GALVÁN, A., L. Q. CUTZ-POOL Y Z. CANO-SANTANA. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana*, **6**: 397-400.
- ARBEA, R. Y J. I. ARBEA. 1989. Clave de identificación de los géneros de colémbolos de España (Insecta: Collembola). *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra*, **19**: 1-16.
- ARBEA, J. I. Y J. BLASCO-ZUMETA. 2001. Ecología de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) en los Moneiros (Zaragoza, España). *Aracnet*, **7**: 35-48.
- ARDANAZ, A. Y R. JORDANA. 1986 Estudio ecológico sobre la fauna colembológica de las peñas de Chauri, Navarra. (Insecta, Collembola). III. Prado-matorral. Actas de las VIII Jornadas Asociación Española Entomológica, 253-260.
- BUTCHER, J. W., R. ZINDER Y R. J. SNIDER. 1971. Bioecology of edaphic Collembola and Acaria. *Annual Review of Entomology*, **16**: 249-288.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal de San Ángel como ecosistema: Estructura trófica. Pp. 149-155, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTAÑO-MENESES, G. 2005. Reseña: Catálogo de los (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **76**: 107-108.
- CASSAGNE, N., C. GERS Y T. GAUQUELIN. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils*, **37**: 355-361.
- CASSAGNE, N., M. C. BAL-SERIN, C. GERS Y T. GAUQUELIN. 2004. Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce. *Pedobiologia*, **48**: 267-276.
- CHRISTIANSEN, K Y P. BELLINGER. 1980-81. The Collembola of North America north the Rio Grande, a taxonomical analysis. Grinnell College, Grinnell, Iowa.
- CUTZ-POOL, L. Q., J. G. PALACIOS-VARGAS Y M. M. VÁZQUEZ. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. *Folia Entomológica Mexicana*, **42**: 91-101.
- CUTZ-POOL, L. Q., J. G. PALACIOS-VARGAS, G. CASTAÑO-MENESES Y N. E. GARCÍA-CALDERÓN. 2007. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. *Applied Soil Ecology*, **36**: 46-52.
- DE ARMAS, L. F. 2005. Los esquizómidos troglobios de Cuba (Arácnida: Schizomida). *Espelunca@digital*, 1: 2-5. www.sec1940galeon.com. 1 de abril de 2008.
- DÍAZ-AZPIAZU, M., V. GONZÁLEZ-CAIRO, J. G. PALACIOS-VARGAS Y M. LUCIÁÑEZ-SÁNCHEZ. 2004. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **34**: 73-83.
- DETSIS, V. 2000. Vertical distribution of Collembola in Deciduous Forest under Mediterranean climatic conditions. *Belgian Journal of Zoology*, **130**: 55-59.
- GERSON, U. 1969. Moss-arthropod association. *Bryologist*, **72**: 495-50.
- GUILLÉN, C., F. SOTO-ADAMES Y M. SPRINGER. 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, **30**: 7-17.
- HOPKIN, S. P. 1998. Collembola: The most abundant insects on earth. *Antennae*, **22**: 117-121.
- HOPKIN, S.P. 2002a. The biology of the Collembola (springtails): The abundant insects in the world.

- www.fathom.com/feature/122603. 27 de septiembre de 2007.
- HOPKIN, S.P. 2002b. Collembola. Encyclopedia of Soil Science, 207-210.
- JANSSENS, F. 2007. Checklist of the Collembola. <http://www.collembola.org/taxa/collembola.htm>.
- JONHSTON, J. M. 2000. The contribution of microarthropods to aboveground food webs: A review and model of belowground transfer in a Coniferous Forest. *American Midland Naturalist*, **143**: 226-238.
- LUDWIG, J. A. Y J. F. REYNOLDS. 1988. Statistical ecology: A primer in methods and computing. John Wiley & Sons, Nueva York.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- NAKAMURA, Y., I. MATSUZAKI Y J. ITASURA. 1992. Effect of grazing by *Sinella curviseta* causing cucumber disease. *Pedobiología*, **36**: 168-171.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1981. Notes on Collembola of Pedregal de San Angel, Mexico. *Entomological News*, **92**: 42-44.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 2003. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. Pp. 217-225, en: Álvarez-Sánchez, J. y E. Naranjo-García (eds.). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y J. A. GÓMEZ-ANAYA. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México (Distribución ecológica y claves). *Folia Entomológica Mexicana*, **89**: 1-34.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y J. A. GÓMEZ-ANAYA. 1994. Lista actualizada de colémbolos micetófilos de México (Hexapoda: Entognatha). *Folia Entomológica Mexicana*, **92**: 21-30.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y M. V. VIDAL-ACOSTA. 1994. Nuevas especies de *Friesea* (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *South-western Entomologist*, **19**: 291-299.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., G. CASTAÑO-MENESES Y B. E. MEJÍA-RECAMIER. 2000. Collembola. Pp. 249-281, en: Llorente-Bousquets J., E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México-CONABIO, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y G. CASTAÑO-MENESES. 2003. Seasonality and community composition of springtials in Mexican forests. Pp. 159-169, en: Basset Y., V. Novotny, S.E. Miller y R.L. Kitching (eds.). Arthropods of tropical forests: Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. Cambridge University Press, Cambridge.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., L. Q. CUTZ-POOL Y D. ESTRADA-BÁRCENAS. 2004. Actualización de la colección de Collembola de México. *Entomología mexicana*, **3**: 764-768.
- RUSEK, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, **7**: 1207-1219.
- SABATINI, M.A. Y G. INNOCENTI. 2001. Effects of Collembola on plant-pathogenic fungus interactions in simple experimental systems. *Biology Fertil Soils*, **33**: 62-66.
- TAKEDA, H., B. PRACHAIYO Y T. TSUTSUMI. 1984. Comparison of decomposition rates of several tree leaf litter in a tropical forest in the North-East Thailand. *Journal of Ecology*, **34**: 311-319.
- VÁZQUEZ, M. M. Y J. G. PALACIOS-VARGAS. 2004. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo-CONABIO, México.
- ZAR, H. J. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.