

## DIVERSIDAD DE ISOTOMIDAE Y NEANURIDAE (HEXAPODA: COLLEMBOLA) DE CUATRO ASOCIACIONES VEGETALES EN LA FORMACIÓN CITLALTÉPETL, VERACRUZ, MÉXICO

Maira Montejo-Cruz<sup>1</sup>✉, José Palacios-Vargas<sup>1</sup> y Gabriela Castaño-Meneses<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Depto. de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 04510 D.F. México.

<sup>2</sup>Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla 76230, Querétaro, México.

✉ Autor de correspondencia: maimontejo@outlook.es

**RESUMEN.** Este es el primer trabajo ecológico de colémbolos de la formación del Citlaltépetl. Se realizaron cuatro colectas cada tres meses a lo largo de un año, en cuatro asociaciones vegetales: Encino-Pino, Encino, Vegetación Secundaria y Potrero. En cada una se tomaron 10 muestras de suelo y 10 de hojarasca que fueron procesadas en embudos Berlese-Tullgren. Se identificaron a nivel de especie los individuos pertenecientes a Isotomidae y Neanuridae. Se recuperaron un total de 45,669 colémbolos, 25,739 de la familia Isotomidae y 2,541 a la familia Neanuridae, los restantes pertenecieron a otras familias. Para la familia Isotomidae se registraron 23 especies y la mayor diversidad la registró en la Vegetación Secundaria, mientras que Neanuridae registró 16 especies y el Encino y Encino-Pino fueron las vegetaciones más diversas.

**Palabras clave.** Colémbolos, bosque de encino, suelo, hojarasca.

### Diversity of Isotomidae and Neanuridae (Hexapoda: Collembola) of four vegetable associations in the formation Citlaltépetl, Veracruz, México

**ABSTRACT.** This is the first ecological work of Collembola of the formation of Citlaltépetl. Four collections were made every three months over a year, in four plant associations: Forest Oak-Pine, Forest Oak, Secondary Vegetation and Paddock. In each one, 10 soil and 10 litter samples were taken and processed in Berlese-Tullgren funnels. Individuals belonging to Isotomidae and Neanuridae were identified at the species level. A total of 45,669 springtails were recovered, 25,739 from the family Isotomidae and 2,541 from the family Neanuridae the rest belonged to other families. For the Isotomidae family, 23 species were recorded and the highest diversity was recorded in the Secondary Vegetation, while Neanuridae, it recorded 16 species and Oak Forest and Oak-Pine Forest were the most diverse vegetation.

**Key words.** Springtails, oak forest, soil, litter

### INTRODUCCIÓN

Los colémbolos miden en promedio 2 mm de longitud (con rangos que van de 200 micras hasta 10 mm), y se caracterizan por la presencia de un colóforo y de una fúrcula (Palacios-Vargas, 2013). Son comunes y abundantes en diferentes ambientes, han sido encontrados en densidades que van desde los 2.09 ind./m<sup>2</sup> en matorral desértico (Villarreal-Rosas *et al.*, 2014) hasta 59,461 ind./m<sup>2</sup> en bosque templado (García-Gómez *et al.*, 2011) y con registros de más de 50 especies en bosque de pino-encino (Heiniger *et al.*, 2014). Viven en el suelo y hojarasca, sobre las superficies de la corteza, en el musgo, bajo piedras, en cuevas, en los hormigueros, termiteros, en las zonas intermareales, en superficies de los lagos e incluso en suelos con permafrost (Bellinger *et al.*, 1996-2018).

Se alimentan de una gran variedad de recursos: materia vegetal, tanto hojas y frutos en descomposición, polen y raíces, así como de hifas y esporas de hongos, algas, diatomeas,

nematodos, bacterias, heces y exuvias de otros artrópodos (Castaño-Meneses *et al.*, 2004). La función más importante de colémbolos en el hojarasca y suelo es la fragmentación del material vegetal y animal (Hanlon y Anderson, 1979), facilitando la entrada de los microorganismos descomponedores, y por lo tanto, acelerando la descomposición, además de regular las poblaciones de estos descomponedores (Chamberlain *et al.*, 2006; Kaneda y Kaneko, 2008).

Uno de los ecosistemas mejor representados en México son los bosques templados de montaña que ocupa cerca del 16.6 % del territorio (CONABIO, 2012). Se encuentran en su mayoría en las zonas montañosas del país; como es el Eje Volcánico Transversal donde se localiza el volcán Citlaltépetl, la zona del volcán perteneciente a Veracruz está dominada por bosques de oyamel, bosques de pino, bosques de pino-encino, pastizal y pradera de alta montaña (CONANP, 2012). Estas vegetaciones albergan una gran diversidad de flora y fauna, en especial de insectos, que son muy abundantes y diversos, y de suma importancia en el establecimiento de procesos e interacciones en tales ecosistemas, a pesar de ello son escasos los estudios en México (Tovar-Sánchez *et al.*, 2003), pocos en lo que se refiere a microartrópodos (Miranda y Palacios-Vargas, 1992, Cutz-Pool *et al.*, 2008, Cutz-Pool *et al.*, 2010, García-Gómez *et al.*, 2011) y muchos menos los trabajos (Bernal *et al.*, 2009) que se enfocan en las comparaciones de vegetaciones naturales y perturbadas.

Este es el primer trabajo de la diversidad de colémbolos en hojarasca y suelo de la formación del Citlaltépetl. Debido a que en la actualidad pocos ecosistemas puede considerarse prístinos y la mayoría presenta algún tipo de alteración por acción humana, el presente trabajo no solo se enfocó en el bosque templado (Encino y Encino-Pino), también se incluyen dos vegetaciones más; una en estado de sucesión temprana (Vegetación Secundaria) y otra que aun presenta perturbaciones constantes (Potrero). Se escogió a la familia Isotomidae por ser la más abundante para la mayoría de ambientes y por lo tanto un componente importante en la descomposición de la materia orgánica y formación del suelo, también se eligió a la familia Neanuridae, que aunque en la mayoría de estudios su abundancia es “baja”, siempre se encuentran presentes en ambientes de clima templado, además de que son más sensibles (en comparación a Isotomidae) a cambios ambientales por lo que podrían funcionar como indicadores de alteraciones. Cabe mencionar que ambas familias tienen registradas especies bioindicadoras de la calidad del suelo. El objetivo principal del trabajo es comparar la diversidad de colémbolos isotómidos y neanúridos entre las distintas asociaciones vegetales muestreadas.

## MATERIALES Y MÉTODO

Durante todo un año se realizaron colectas trimestrales a partir de Junio del 2015 hasta Marzo del 2016 en la localidad de Atotonilco, Calchualco perteneciente a la formación del Volcán Citlaltépetl (Veracruz), dos colectas pertenecen a temporada de lluvias (Junio y Septiembre) y dos a temporada seca (Diciembre y Marzo). El muestreo fue sistemático siguiendo un transecto de 13 m en donde cada 1.5 m se tomó una muestra con un volumen de 13cm×13cm×5cm; en cada asociación vegetal (Bosque de Encino-Pino, Bosque de Encino, Vegetación Secundaria y Potrero) se colecto un total de 10 muestras de hojarasca y 10 muestras de suelo.

Una vez obtenidas las muestras, se procesaron en embudos Berlese-Tullgren para la extracción de colémbolos en el Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos (Facultad de Ciencias, UNAM) y fueron preservados en alcohol al 75%. Posteriormente, se procedió a separar a los colémbolos, cuantificando las morfoespecies de Isotomidae y Neanuridae, se realizaron preparaciones semipermanentes en líquido de Hoyer y para su identificación a nivel de especie en el microscopio óptico con las claves de Christiansen y Bellinger (1980) y Bellinger *et al.* (1996-2018) <http://www.collembola.org>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, se recolectaron 45,528 colémbolos; de los cuales 25,669 individuos pertenecen a la familia Isotomidae, y 2,541 a Neanuridae (representando el 60% del total), mientras los restantes 17,257 individuos pertenecen a Entomobryidae, Hypogastruridae, Sminthurididae, Sminthuridae, Kattianidae, Odontellidae, Tullbergidae, Neelidae, Tomoceridae y Onychiuridae.

Isotomidae fue la familia más abundante formando casi el 50% de los individuos en todas asociaciones, lo que coincide con otros estudios realizados en diversos ambientes como García-Gómez *et al.* (2009) en bosque templado, Winkler y Tóth (2012) en prado, bosque de encino y una plantación de pino; Kováč *et al.* (2005) para bosque de encino y monocultivos de pino y Heiniger *et al.* (2014) en bosque de coníferas y cultivos. Neanuridae registró una baja abundancia (6-10%) para todas las vegetaciones, pero en la mayoría de los estudios y en diversos ambientes (Bosque templado, Selva baja, Campos agrícolas) se observan esta proporción (García-Gómez *et al.*, 2009, Gómez-Anaya *et al.*, 2010, Winkler y Tóth, 2012, Heiniger *et al.*, 2014).

Se registraron en total 23 especies de isotómidos lo que es un número considerablemente alto si lo comparamos con estudios como el de Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1993) con 8 miembros de esta familia para selva baja caducifolia (incluyendo dosel), Kováč *et al.* (2005) con 9 especies para bosque de encino y plantación de pino, García-Gómez (2009) en el volcán Iztaccihuatl con 22 especies y Palacios-Vargas *et al.* (2009) con 11 especies en un matorral xerófilo. Las especies más abundantes fueron *Isotoma virirdis*, *Parisotoma notabilis*, *Isotomiella minor*, *Desoria trispinata* y *Folsomia sensibilibis*.

La Vegetación Secundaria tuvo la mayor diversidad (Cuadro 1), se esperaba que sólo los encinares fueran los más diversos, por las condiciones bióticas y ambientales que en apariencia son más favorables para los colémbolos, comparando con las otras vegetaciones en promedio obtuvo más una especie efectiva en hojarasca (18% de diversidad) y más dos especies efectivas en suelo (25% de diversidad). La alta diversidad para la Vegetación Secundaria puede deberse a la presencia de ciertas especies de plantas que favorecen el establecimiento de algunos colémbolos como las leguminosas y pastos, no sólo por representar un recurso (rizósfera) sino por crear condiciones microclimáticas (temperatura, humedad, etc.) más favorables para ellos (Salamon *et al.*, 2004). Winkler y Tóth, (2012) encontraron que en prado de estepa había alta diversidad de colémbolos incluyendo todas la familias ( $H' = 2.353$ ) aunque la vegetación y clima no son completamente comparables a la Vegetación Secundaria del presente estudio.

**Cuadro 1.** Índices de diversidad de la familia Isotomidae para los biotopos de cada asociación vegetal en la formación del Citlaltépetl. S= Número de especies,  $H'$  =Índice de Shannon, D=Diversidad verdadera,  $\lambda$ = Índice de Simpson,  $J'$ = Equitatividad de Pielou.

Isotomidae	Encino-Pino		Vegetación Secundaria		Potrero		Encino	
	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo
Individuos	1261	4612	1322	1538	1950	2197	4358	8431
S	12	14	11	15	15	15	13	11
$H'$	1.73	1.58	1.87	1.97	1.68	1.79	1.58	1.60
D	5.63	4.88	6.50	7.21	5.40	6.01	4.87	4.96
$\lambda$	0.78	0.71	0.81	0.82	0.70	0.77	0.75	0.68
$J'$	0.69	0.60	0.78	0.73	0.62	0.66	0.61	0.66

Se considera que una mayor diversidad de plantas (como en los encinos) equivale a una mayor diversidad de organismos, ya que existe mayor heterogeneidad ambiental derivada de una gran variedad y abundancia de materia orgánica, que favorece el crecimiento de diversas bacterias y hongos los cuales son el alimento principal de la mayoría de los colémbolos (Guillen *et al.*, 2006). Sin embargo, para los isotómidos del presente trabajo no se encontró este patrón ya que su mayor diversidad estuvo en un ambiente que en apariencia tiene menor riqueza vegetal. En una revisión hecha por Korboulewsky *et al.* (2016) encontraron al comparar la diversidad en bosques mixtos contra bosques monoespecíficos que en siete casos aumenta, en 11 permanece igual y en uno disminuye, y lo mismo ocurre para sus abundancias, lo que deja en evidencia que no siempre una mayor diversidad vegetal equivale a una mayor diversidad de colémbolos.

Un factor importante para el establecimiento y permanencia de los colémbolos es la calidad de hojarasca que la vegetación aporta, por ejemplo, hojarasca alta en taninos y polifenoles (como en algunos encinos) hacen más lenta su descomposición y por lo tanto puede disminuir la producción de recursos disponibles para la comunidad (Hättenschwiler *et al.*, 2005), lo que podría explicar que la diversidad fuera menor en los encinos estudiados.

Se encontró un total de 16 especies de Neanuridae, comparado con otros estudios es un número alto, por ejemplo, García-Gómez *et al.* (2009) recuperaron sólo 7 en el bosque templado del Volcán Iztaccíhuatl. En Vancouver, Addison *et al.* (2003) registraron 11 especies para cuatro bosques con diferentes tiempos de regeneración, Palacios-Vargas y Gómez Anaya (1993) recuperaron 12 en Selva baja caducifolia (incluyendo dosel). Las especies más abundantes fueron *Pseudachorutes bifidus*, *Friesea mirabilis* y *Friesea albida*.

Para la familia Neanuridae el Encino-Pino y Encino fueron las vegetaciones con mayor diversidad (Cuadro 2), en promedio cada vegetación tiene más de dos especies en hojarasca (40% de diversidad) y más una especie en suelo (14 % de diversidad).

**Cuadro 2.** Índices de diversidad de la familia Neanuridae para los biotopos de cada asociación vegetal en la formación del Citlaltépetl. S= Número de especies, H' =Índice de Shannon, D=Diversidad verdadera,  $\lambda$ = Índice de Simpson, J'= Equitatividad de Pielou.

Neanuridae	Encino-Pino		Vegetación Secundaria		Potrero		Encino	
	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo	Hojarasca	Suelo
Individuos	231	593	750	214	22	12	336	383
S	10	15	10	9	2	4	9	11
H'	1.65	1.39	1.43	1.82	0.18	0.84	1.34	1.85
D	5.24	4.02	4.18	6.17	1.20	2.30	3.83	6.40
$\lambda$	0.74	0.65	0.64	0.80	0.08	0.41	0.65	0.80
J'	0.72	0.51	0.62	0.82	0.26	0.60	0.61	0.77

Se infiere en base a la mandíbula estiliforme de los neanúridos que son consumidores de fluidos de plantas e hifas de hongos (Hopkin, 1997) que generalmente son más abundantes en la hojarasca (Berg *et al.*, 2004) los encinares del presente estudio poseen grandes capas de ella lo que explica la alta diversidad de neanúridos en estas asociaciones.

El Potrero, que está dominado por pastos, registró la más baja diversidad, lo que indica que las condiciones del mismo no son las más apropiadas para los neanúridos; por un lado, no existe una gran capa de hojarasca donde crezcan hongos y la mayoría de hongos dentro de pastos se encuentran en las micorrizas (Salamon *et al.*, 2004), además hay una mayor exposición a la radiación solar y por lo tanto mayor desecación, y aunque ya no se realizan actividades ganaderas el suelo dominado por pastos se encuentra compactado lo que en general impide la colonización

de la fauna edáfica (Coleman, 2004); este último fenómeno ha sido observado en diversas vegetaciones donde existieron actividades ganaderas y de pastoreo (Socarras y Robaina, 2011). Salamon *et al.* (2004) registraron una menor abundancia que puede llegar hasta desplazamiento de especies de neanúridos si se introducen pastos o leguminosas, explicado por una baja capacidad para competir con otros colémbolos. Maraun *et al.* (2003) realizaron un experimento en donde se revolvían las distintas capas entre hojarasca y suelo encontrando que se disminuía el número de individuos y especies de neanúridos, concluyendo que es una de las familias más sensibles a los disturbios.

Es importante mencionar que en algunos casos las vegetaciones con mayor riqueza no necesariamente registraron las mayores diversidades (Cuadros 1 y 2), lo que se debe a la presencia de especies “raras” con bajas abundancias, provocando baja equitatividad en la mayoría de las vegetaciones. Para ambas familias la Vegetación Secundaria registro alta equitatividad, pero no siempre la mayor riqueza y abundancia.

Tanto para la familia Isotomidae y Neanuridae la mayor diversidad la contuvo el biotopo suelo, sólo en el Encino-Pino la hojarasca registró mayor diversidad. La alta diversidad en el suelo por parte de estas familias puede deberse a que en ellas abundan especies consideradas euedáficas y hemiedáficas (Hopkin, 1997), y en general, el suelo ofrece condiciones ambientales y de recursos estables por lo que las comunidades tiene pocas perturbaciones lo que favorece el establecimiento de especies, y por lo tanto permite el aumento y conservación de su diversidad (Chauvat *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONES

Ambas familias presentaron patrones de diversidad distintos, Isotomidae es más diversa en la Vegetación Secundaria y Neanuridae es más diverso en el Encino, indicando que cada familia tiene diferentes preferencias ambientales. El Potrero fue la asociación menos preferida por ambas familias, probablemente se deba a la baja disponibilidad de recursos, alta exposición solar y compactación del suelo. No es posible establecer las razones específicas de estos resultados ya que existieron diversas variables que no fueron medidas, y al indicar “asociación vegetal” en esencia se hace referencia a una composición vegetal visiblemente diferente, factores intrínsecos como materia orgánica, cantidad de C, P, N, K, etcétera no fueron medidos en el presente estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Se les agradece: al Posgrado en Ciencias Biológicas (UNAM), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo de la beca, a la Dra. Blanca Estela Mejía Recamier por su apoyo técnico, al Biol. Jesús Isaac Cruz Leal por sus corroboraciones en la identificación de especies, al Dr. Arturo García Gómez por su apoyo en campo, al Dr. Santiago Zaragoza Caballero por el apoyo y sugerencias a lo largo del proyecto.

## LITERATURA CITADA

- Addison, J., Trofymow, J., y Marshall, V. 2003. Abundance, species diversity, and community structure of Collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Applied Soil Ecology*, 24(3), 233-246.
- Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. y Janssens, F. 1996-2018. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>; fecha de consulta: 5-II-2018.
- Berg, M., Stoffer, M. y van den Heuvel, H. 2004. Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Pedobiologia*, 48: 589-601.

- Bernal, R., Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J. y García-Calderón, N. 2009. Oribatid mites springtails from a coffee plantation in sierra sur, Oaxaca, Mexico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(8), 988-995.
- Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J. G. y Cutz-Pool, L. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 75(1): 135-142.
- Chamberlain, P., Mc Namara, N., Chaplow, J., Stott, A. y Black, H. 2006. Translocation of surface litter carbón into soil by Collembola. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2655-2664.
- Chauvat, M., Zaitsev, A. y Wolters, V. 2003. Successional Changes of Collembola and Soil Microbiota during Forest Rotation. *Oecologia*, 137: 269-276.
- Christiansen, K. y Bellinger P. 1980 *The Collembola of North America, north of the Rio Grande: a taxonomic analysis*. Grinnell College, Iowa, 1473 pp.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A. y Hendrix, P.F. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*. Elsevier Academic Press, Amsterdam, 386 pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2012. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>. Consultado 2 de febrero del 2018.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2012. Borrador del Programa de Manejo del Parque Nacional del Pico de Orizaba. <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PMPO%20Borrador%20para%20Consulta%200509.pdf>. Consultado 5 de febrero del 2018.
- Cutz-Pool, L., Palacios-Vargas, J.G. y Castaño-Meneses, G. 2008. Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) en musgos corticícolas en el gradiente altitudinal de un bosque subhúmedo de México. *Revista de Biología Tropical*, 56(2):739-748.
- Cutz-Pool, L., Palacios-Vargas, J., Cano-Santana, Z., y Castaño-Meneses, G. 2010. Diversity patterns of collembola in an elevational gradient in the NW slope of Iztaccihuatl Volcano, State of Mexico, Mexico. *Entomological News*, 121(3): 249-261.
- García-Gómez, A., Castaño-Meneses, G. y Palacios-Vargas, J.G. 2009. Diversity of springtails (Hexapoda) according to a altitudinal gradient / Diversidade de colémbolos (Hexapoda) de acordo com o gradiente de altitude. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 8: 911-916
- García-Gómez, A., Castaño-Meneses, G. y Palacios-Vargas, J G. 2011. Distribución y diversidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) en el gradiente altitudinal de un bosque templado en México. *Revista de Biología Tropical*, 59(1): 315-327.
- Gómez-Anaya, J. A., Palacios-Vargas, J. G., y Castaño-Meneses, G. 2010. Abundancia de colembolos (Hexapoda: Collembola) y parametros edaficos de una selva baja caducifolia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36 (1): 96-105.
- Guillén C., Soto-Adames, F. y Springer, M. 2006. Diversidad y Abundancia de colémbolos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(2): 7-17.
- Hanlon R. D. G. y Anderson J. M., 1979. The effects of collembola grazing on microbial activity on decomposing leaf litter. *Soil Biology & Biochemistry*, 38, 93-99.
- Hättenschwiler, S., Tiunov, A.V. y Scheu, S. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36:191-218.
- Heiniger, C., Barot, S., Ponge, J., Salmon, S., Botton-Divet, L., Carmignac, D. y Dubs, F. 2014. Effect of habitat spatiotemporal structure on collembolan diversity. *Pedobiologia*, 57:103-117.
- Hopkin, S. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University, Oxford, 344 pp.
- Kaneda, S. y Kaneko, N. 2008. Collembolans feeding on soil affect carbon and nitrogen mineralization by their influence on microbial and nematode activities. *Biology and Fertility of Soils*, 44: 435-442.
- Kováč, L., Kosturova, N., y Miklisova, D. 2005. Comparison of collembolan assemblages (Hexapoda, Collembola) of thermophilous oak woods and *Pinus nigra* plantations in the Slovak Karst (Slovakia). *Pedobiologia*, 49(1), 29-40

- Korboulewsky, N, Perez, G. y Chauvat, M. 2016. How tree diversity affects soil fauna diversity. *A review. Soil Biology & Biochemistry*, 94: 94-106.
- Maraun, M., Salamon, J., Schneider, K., Schaefer, M., y Scheu, S. 2003. Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a moder beech forest (*Fagus sylvatica*): effects of mechanical perturbations. *Soil Biology And Biochemistry*, 35(10):1387-1394.
- Miranda, A. y Palacios-Vargas, J.G. 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.
- Palacios-Vargas, J. G. 2013. Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversida.*, 85:220–231.
- Palacios-Vargas, J. G. y Gómez-Anaya, J.A. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México (Distribución ecológica y claves). *Folia Entomológica Mexicana*, 89: 1-34.
- Palacios-Vargas, J.G., Mejía- Recarmier y Cutz-Pool, L. 2009. Microartrópodos edáficos. Pp 203-211. *In: Lot, A. y Canon-Santana. Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel.* Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salamon, J., Schaefer, M., Alpei, J., Schmid, B., y Scheu, S. 2004). Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. *Oikos*, 106(1), 51-60.
- Socarras, A. y Robaina, N. 2011. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico rojo de Mayabeque y Artemisa. *Pastos y Forrajes*, 34(2): 185-198.
- Tovar-Sánchez, E., Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 2003. Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation*, 115:79–87.
- Winkler, D. y Tóth, V. 2012. Effects of afforestation with pines on collembola diversity in the Limestone hills of Szárhalom (West Hungary). *Acta Silvatica Et Lignaria Hungarica*, 8(1), 9-20
- Villarreal-Rosas, J., Palacios-Vargas, G. y Maya, Y. 2014. Microarthropod communities related with biological soil crusts in a desert scrub in northwestern Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2):513-522.