

LISTADO DE COLLEMBOLA (HEXAPODA: ENTOGNATHA) EN DOS ÁREAS CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN LA PARTE NORTE DE LA RESERVA ESTATAL SIERRA MONTE NEGRO, MORELOS, MÉXICO

Dafne Figueroa-Sánchez¹✉, Víctor López-Martínez², Armando Burgos-Solorio¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Avenida Universidad 1001, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Mor.

✉ Autor de correspondencia: dafnefig@gmail.com

RESUMEN. Se realizó un muestreo estacional de dos áreas con diferente grado de perturbación en la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos, México, con el objetivo de obtener un listado taxonómico de colémbolos para esta ANP, así como para identificar si la diversidad de este grupo difería entre las áreas antes mencionadas, esto en respuesta a la modificación del ecosistema. Se obtuvo un listado taxonómico de Collembola, distribuido en dos ordenes, cinco familias y diez morfoespecies, siendo de las más abundantes *Pseudosinella* sp. (género no determinado), Entomobryidae (género no determinado) y *Hemisotoma thermophila* (Axelson, 1900). En el sitio perturbado, se observó una riqueza específica, diversidad y equitatividad menor en comparación con el conservado. Lo mismo ocurre en variables edáficas como % de materia orgánica, en donde es mayor en el conservado, así como en el pH, en donde este mismo sitio presenta un valor óptimo para la asimilación de nutrientes. Con los datos obtenidos, así como por la falta de replicas en el muestreo, se considera prematuro sacar conclusiones respecto a si el grado de perturbación de las áreas seleccionadas está afectando a la población de colémbolos, pero si advierten cambios ante las diversas actividades antropogénicas.

Palabras clave: Áreas Naturales Protegidas. Perturbado. Actividades Antropogénicas.

Collembola list (Hexapoda: Entognatha) in two areas with different degree of disturbance in the north part of the Sierra Monte Negro State Reserve, Morelos, Mexico

ABSTRACT. A seasonal sampling of two areas with different degrees of disturbance was carried out in the Sierra Monte Negro State Reserve, Morelos, Mexico, in order to obtain a taxonomic list of springtails for this ANP, as well as to identify if the diversity of this group differed among the aforementioned areas, this in response to the ecosystem modification. A taxonomic list of Collembola was obtained, distributed in two orders, five families and ten morphospecies, the most abundant being *Pseudosinella* sp. (undetermined genus), Entomobryidae (undetermined genus) and *Hemisotoma thermophila*. At the disturbed site, lower specific richness, diversity and fairness was observed compared to the conserved one. The same occurs in edaphic variables such as % of organic material, where it is higher in the preserved one, as well as in the pH, where this same site presents an optimal value for the assimilation of nutrients. With the data obtained, as well as the lack of replicates in the sampling, it is considered premature to draw conclusions about whether the degree of disturbance in the selected areas is affecting the springtail population, but they do notice changes due to the various anthropogenic activities.

Keywords: Natural Protected Areas. Disturbed. Anthropogenic activities.

INTRODUCCIÓN

En el suelo se encuentra una gran diversidad de organismos, mismos que contribuyen a la formación y evolución edáfica (López, 2005), dentro de estos se encuentran los colémbolos, los cuales son uno de los grupos más abundantes de este medio, mismos a los que actualmente se les ha considerado como indicadores de la calidad del suelo (Uribe-Hernández *et al.*, 2010; Baquero y Jordana, 2015; Machado *et al.*, 2019).

Este grupo de organismos contribuye al mantenimiento de la fertilidad del suelo, favorecen la integración y el reciclaje de nutrientes de la materia orgánica (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007), regulan las poblaciones de hongos y bacterias, contribuyen en el establecimiento de las relaciones micorrizas (Hopkin, 1997; Castaño-Meneses *et al.*, 2004), siendo así uno de los grupos primordiales para el suelo.

Se conoce que su diversidad y abundancia se ven modificadas ante perturbaciones antrópicas (Accattoli y Salazar-Martínez, 2012) como la aplicación de plaguicidas, las diferentes agrotécnicas empleadas, como el monocultivo (Behan-Pelletier, 2002; Twardowski *et al.*, 2016), o bien al cambio de uso de suelo (Ponge *et al.*, 2008; Machado *et al.*, 2019), esto ha permitido emplearlos como bioindicadores de la calidad edáfica (Herrera y Cuevas, 2003; Lucíañez y Silgado, 2007; Uribe-Hernández *et al.*, 2010; Birochio *et al.*, 2015).

Los Collembola, representan una herramienta confiable para conocer cómo actividades antropogénicas pueden estar afectando la calidad edáfica, esto cobra mayor importancia cuando se trata de Áreas Naturales Protegidas (ANP), mismas que han sido invadidas con asentamientos humanos y afectadas por las diversas actividades que de ello derivan, tal es el caso de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, ubicada en Morelos, México (Ruiz, 2019; Fundación Doster, 2020; Tapia, 2020).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene dos objetivos. Por un lado, contribuir al conocimiento de colémbolos de Morelos con un listado taxonómico para la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, y por otro conocer si hay diferencias en la diversidad de colémbolos de dos áreas con diferente grado de perturbación dentro de dicha Reserva. Es importante mencionar que este es el primer estudio realizado en dicha ANP para colémbolos.

MATERIALES Y MÉTODO

Los sitios de muestreo se ubicaron dentro del municipio de Yautepec, Morelos, México y forman parte del polígono de la parte Norte de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, cuya vegetación dominante es Selva Baja Caducifolia, con suelo Rendzina/litosol de textura media (E + I/2) (CEAMA, 2010).

Se realizó un único muestreo en época de secas (mayo) y uno en lluvias (septiembre). Se definieron dos sitios de colecta, que corresponden a un área perturbada, la cual se denomina así debido a los recientes e irregulares asentamientos humanos, mismos que a través de sus diversas actividades han modificado el área, dejando el suelo desnudo; este se ubicada en el municipio de Yautepec (latitud: 18° 51'29.0" N; longitud: 99° 06'01.8" O; altitud 1210 msnm), el porcentaje (%) de materia orgánica determinada es de 3.2 y pH de 6.6. Simultáneamente se realizó un muestreo en un área conservada, que se encuentra en la zona núcleo de la Reserva, en el municipio de Yautepec, no presenta daño aparente (latitud: 18° 51'08.3" N; longitud 99° 06'38.6" O; altitud 1227 msnm), con 8.2 % de materia orgánica y pH de 7.1. Ambos sitios su tipo de suelo es Rendzina asociado con litosol, de textura media y fina (CEAMA, 2010).

Para ambos sitios se determinó el % de materia orgánica con el método Walkley y Black y para el pH se utilizó la presencia del electrolito cloruro de potasio (KCL) (Carrillo, 1985; Andrades *et al.*, 2015).

En cada sitio se designó un transecto, esto por ser un método sistemático, práctico, que permite tener patrón más regular de la vegetación, así como de fácil replica (BOLFOR y Fredericksen, 2000). El transecto fue de 80 m de longitud integrado por 8 puntos equidistantes de 10 m, en cada uno de los cuales se designó un muestreo de manera alternada (izquierda - derecha) a una distancia lateral de 5m, en cada muestra se excavaron 10 cm sin remover la hojarasca. Dicha profundidad se estableció por ser suelos muy someros (FAO, 1999).

Las muestras de suelo se colocaron dentro de bolsas de plástico herméticas y resguardadas dentro de hieleras para su transporte y procesamientos en el laboratorio en el Centro de Investigación Biológica (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Las muestras fueron colocadas en embudos de Berlese-Tullgren por 14 días sin fuente de luz artificial, llevando a cabo el proceso de calentamiento-secado a temperatura ambiente (Karyanto *et al.*, 2012). Como mecanismo de captura se colocó un frasco con alcohol al 70 %.

De cada muestra, se seleccionaron los ejemplares cuyas características taxonómicas útiles para la identificación estuvieran en óptimo estado. Con estos se realizaron preparaciones semipermanentes de acuerdo con las técnicas de montaje para colémbolos de Palacios-Vargas y Mejía-Recamier (2007), mismas que se depositaron en la Colección de Entomología del Centro de Investigaciones Biológicas (UAEM).

Los ejemplares se identificaron con ayuda del Dr. José G. Palacios Vargas del Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias, UNAM; también se hizo uso de las claves taxonómicas de Janssens (2007).

Se estimó la riqueza de especies con el índice de Margalef, ya que no está ligado al tamaño de la muestra y es independiente a un tipo de distribución prefijado (Moreno, 2001; Acevedo-Benítez *et al.*, 2004; Flos, 2005). También se determinó el índice de Shannon-Wiener (H') y Pielou (J), para ambos sitios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los colémbolos colectados, se obtuvieron 92 ejemplares con características suficientes para su determinación taxonómica, estos están distribuidos en cinco familias, seis subfamilias y diez morfoespecies (Cuadro 1).

Los ejemplares obtenidos corresponden a la colecta realizada en temporada de lluvias, ya que para secas no se encontraron. Esto podría estar relacionado a que este grupo presenta una respuesta positiva a la presencia de humedad (Gómez-Anaya *et al.*, 2010; Vázquez-Noh, 2013) mostrando un aumento en temporada de lluvias (Ferreira *et al.*, 2013). Sin embargo, se ha observado que algunos colémbolos tienen diversas estrategias para permanecer en sitios con una baja humedad, por ejemplo, especies del género *Lepidocyrtus* con adaptaciones morfológicas para reducir su transpiración, o *Brachystomella parvula* que entra en estado de anhidrobiosis (Arbea y Blasco-Zumeta, 2001).

El orden Entomobryomorpha fue el mejor representado con 4 familias, siendo Entomobryinae la subfamilia con más ejemplares (Cuadro 1). Estos datos coinciden con Gómez-Anaya *et al.*, (2010), Cruz-Leal y Palacios-Vargas (2017).

El sitio que presentó una mayor riqueza de especies, diversidad y equitatividad fue el conservado (SC); mientras que en el perturbado (SP) se presenta una alta dominancia de *Hemisotoma thermophila*, así como valores de diversidad y riqueza específica bajos (Cuadro 1).

El sitio perturbado fue pobremente diverso, estos datos coinciden con Ponge *et al.*, (1993), Guillen *et al.*, (2006) Sousa *et al.*, (2006) y Machado *et al.*, (2019), en donde mencionan que organismos como colémbolos aumentan su abundancia en paisajes de bosques y suelos bien conservados, ya que la modificación al uso de suelo altera propiedades físico-químicas de éste y a su vez a los recursos disponibles para colémbolos (Machado *et al.*, 2019). Sin embargo, se ha observado que algunos Collembola son altamente resistentes a suelos contaminados, por ejemplo, con hidrocarburos, como lo son *Lepidocyrtus* sp., *Pseudosinella* sp., o *Seira* sp. (Uribe-Hernández *et al.*, 2010) o ante perturbaciones del área como la tala (Urbanovičová *et al.*, 2014).

Finalmente, los sitios de muestreo difieren en cuanto al porcentaje (%) de materia orgánica y pH (Cuadro 2), siendo el perturbado el que presenta valores menos favorables (Diario Oficial, 2002; Maycotte, 2011).

Cuadro 1. Listado taxómico para la Reserva Estatal Sierra Monte Negro.

Orden	Familia	Subfamilia	Morfoespecie	Nº de Organismos	SP %	SC %		
Entomobryomorpha	Entomobryidae	Entomobryinae	Género no determinado	21	0.09	0.14		
			<i>Pseudosinella</i> sp. 1	27	0.04	0.25		
			<i>Pseudosinella</i> sp. 2	2		0.02		
				Lepidocyrtinae	<i>Lepidocyrtus</i> sp. 1	11		0.12
				Seirinae	<i>Seira</i> sp. 1	2		0.02
			Paronellidae	Paronellinae	<i>Paronella</i> sp. 1	1		0.01
		<i>Trogolaphysa</i> sp. 1			1		0.01	
			Tomoceridae		<i>Tomocerina</i> sp.1	1	0.01	
			Isotomidae	Proisotominae	<i>Folsomina onychiurina</i>	1		0.01
				Anurophorinae	<i>Hemisotoma thermophila</i>	20	0.13	0.09
Poduromorpha	Hypogastruridae		<i>Xenylla</i> sp. 1	5		0.05		
Índice de Margalef (DMg)					2.15	4.93		
Índice de Shannon-Wiener (<i>H'</i>)					0.95	2.24		
Equidad (<i>J'</i>)					0.48	0.67		

Cuadro 2. Determinación de % de materia orgánica y pH de los sitios de colecta.

Sitio de colecta	Materia Orgánica	pH KCL
Perturbado	3.2	6.68
Conservado	8.2	7.1

CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos en este trabajo, se puede observar que hay una disparidad de riqueza de especies y diversidad de colémbolos entre los sitios de colecta, pero los muestreos realizados no son suficientes para detectar si existen diferencias que estén relacionadas con las recientes modificaciones en el área. A pesar de esto y de acuerdo con el listado taxonómico de Collembola para la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, en donde se puede observar que una de las morfoespecies encontrada en el sitio perturbado corresponde a *Hemisotoma thermophila*, la cual se ha reportado para sitios con suelos desnudos o contaminados (Luciañez, 2006; Vanhée y Devigne, 2018), así como la determinación de pH y % de materia orgánica, nos advierten que se están presentando cambios en el área antrópica.

Por lo anterior, se requiere de realizar mejoras en las técnicas, procesamiento y repeticiones de las muestras, para que se tengan datos que se puedan analizar y comparar asertivamente. Sin embargo, el presente trabajo contribuye al conocimiento de colémbolos para la Reserva Estatal Sierra Monte Negro, así como incita a que se hagan más investigaciones en dicha ANP enfocados hacia un esquema de manejo de recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José G. Palacios Vargas por su ayuda con la identificación del material, a la Dra Blanca E. Mejía Recamier por compartir sus técnicas y conocimientos; al Dr. Oliver Guadarrama, M. C María Eugenia Bahena Galindo y Karen Piñón Acosta del laboratorio de Edafoclimatología del Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM, por su enseñanza y apoyo en la determinación de variables edáficas; al Biól. José Luis Cosme Mendoza, director de la Reserva Estatal Sierra Monte Negro por el apoyo en los recorridos de colecta.

LITERATURA CITADA

- Accattoli, C y Salazar-Martínez A. 2012. Oribátidos (Acari: Oribatida): indicadores de impacto antrópico en parques urbanos de La Plata (Argentina). *Acta Zoológica Mexicana*, 28(3): 550-565. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v28n3/v28n3a5.pdf>
- Acevedo-Benítez, J; Valdez-Vázquez, I; Poggi-Varaldo, H. 2004. *¿Cómo Medir la Diversidad?* Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, México, 58 pp.
- Andrades, M., Aramendía, A., Masaguer, A. 2015. *Prácticas de Edafología: métodos didácticos para el análisis de suelos*. Editorial Universidad La Rioja, Logroño, 82 pp.
- Arbea, J. I. y Blasco-Zumeta, J. 2001. Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28(2001): 35-48. Recuperado de <http://sea-entomologia.org/aracnet/7/03ecolembolos/index.htm>
- Baquero, E. y Jordana, R. 2015. Órdenes Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona y Symphypleona. *Revista IDE@-Sociedad Entomológica Aragonesa*, 36: 1-11. http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_36.pdf
- Behan-Pelletier, V. 2002. Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 83(Special Issue): 279-288. DOI: 10.4141/S01-063
- Birochio, D., Balbarrey, G. P., y Tomas, G. 2015. Artrópodos edáficos en cultivos intensivos: gradiente de diversidad. *V Congreso Latinoamericano de Agroecología- Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología* (La Plata, 2015). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/58472/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y; fecha de consulta: 28-II-2020.

- BOLFOR, M. B., y Fredericksen, T. S. 2000. *Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia, 92 pp.
- Carrillo, I. 1985. *Manual de laboratorio de suelos*. Chinchina, Colombia. Cenicafe, 109 pp.
- Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J. G. and Cutz-Pool, L. Q. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 75(1): 135-142. <https://www.redalyc.org/pdf/458/45875105.pdf>
- CEAMA. 2010. PROGRAMA DE MANEJO: Reserva Estatal “Sierra Monte Negro”. Cuernavaca: Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente. Morelos. México, 123 pp.
- Cruz-Leal, J. I y Palacios-Vargas, J. G. 2017. Los colémbolos (collembola: hexapoda) del Cerro Punhuato en Morelia, Michoacán. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología*, 3: 54-60. <http://www.socmexent.org/boletin/index.html>
- Deharveng, L. 2004. Recent advances in Collembola systematics. *Pedobiología*, 48 (1): 415-433. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.08.001>
- Diario Oficial. 2002. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis*. México, 67 pp.
- FAO, I. 1999. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Informes sobre recursos mundiales de suelos, 84pp.
- Ferreira, A. S., Bellini, B. C. and Vasconcellos, A. 2013. Temporal variations of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) in the semiarid Caatinga in northeastern Brazil. *Zoologia*, 30(6): 639-644. DOI: 10.1590/S1984-46702013005000009
- Flos, J. 2005. El concepto de información en la ecología margalefiana. *Revista Ecosistemas*, 14(1). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54014103.pdf>
- Fundación Doster. 2020. Reserva Estatal Sierra Monte Negro. Cuernavaca, Morelos. <https://www.fundaciondoster.org.mx/reserva-estatal-sierra-monte-negro.html>; fecha de consulta 17-VI-2020
- Gomez-Anaya, J., Palacios-Vargas, J. y Castano-Meneses, G. 2010. Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36 (1): 96-105. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v36n1/v36n1a18.pdf>
- Guillén, C., Soto-Adames, F., y Springer, M. 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(2): 7-17. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43630201.pdf>
- Herrera, F y Cuevas, E. 2003. Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados. *Revista Venesuelos*, 11(1-2): 67-78. Recuperado de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/967
- Hopkin, S, P. 1997. *Biology of the Springtails: (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, New York, 326 pp.
- Twardowski, J. P., Hurej, M. and Gruss, I. 2016. Diversity and abundance of springtails (Hexapoda: Collembola) in soil under 90-year potato monoculture in relation to crop rotation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(8): 1158-1168. DOI: 10.1080/03650340.2015.1131270
- Janssens, F. 2007. Checklist of the Collembola of the world. <http://www.collembola.org>; fecha de consulta: 22-II-2020.
- Jordana, R., Arbea, J.I., Simón, C. and Luciáñez, M.J. 1997. *Collembola, Poduromorpha. Fauna Ibérica, vol. 8*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 807 pp.

- Karyanto, A., Rahmadi, C., Franklin, E., Susilo, F. y Morais, J. 2012. Collembola, acari y otra mesofauna del suelo: el método Berlese. Moreira, F., Housing, J., y Brignell, D. *Manual de Biología de Suelos Tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo*, 149-162.
- López, A. J. 2005. *Manual de edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla, 143 pp.
- Luciañez, M y Silgado, N. 2007. Estudio ecológico de las comunidades de Colémbolos en zonas reforestadas con eucalipto y pino en Asturias (noroeste de la Península Ibérica). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1 (40): 325–332. Recuperado de http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN40/325_332BSEA40ColembolosMLucianez.pdf
- Machado, J. D. S., Oliveira, L. C. I., Santos, J. C. P., Paulino y A. T., Baretta, D. 2019. Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadora de qualidade do solo em sistemas de uso. *Biota Neotropica*, 19(1). <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0618>
- Maycotte-Morales, C. C. 2011. *Edafología I*. Colombia, 91 pp
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis-Sociedad Entomológica Aragonesa, vol. I. Zaragoza, 84 pp.
- Palacios-Vargas, J y Mejía-Recamier, B. 2007. *Técnicas de Colecta, Montaje y Preservación de Microtrótopos Edáficos*. Las prensas de Ciencias Ediciones. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, 73 pp.
- Palacios-Vargas, J.G. 2000. Los colémbolos en los ecosistemas mexicanos. CONABIO. *Biodiversitas*, 29: 12-15.
- Ponge, J., Tully, T. and Ginsa, A. 2008. Short-term responses of two collembolan communities after abrupt environmental perturbation: A field experimental approach. *Pedobiologia*, 52(1): 19-28. DOI : 10.1016/j.pedobi.2008.01.005