



Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México

Biodiversity of Collembola (Hexapoda: Entognatha) in Mexico

José G. Palacios-Vargas✉

Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito exterior s/n, Cd. Universitaria, 04510 México, D. F.

✉ troglolaphysa@hotmail.com

Resumen. Se hace una breve evaluación de la importancia del grupo en los distintos ecosistemas. Se describen los caracteres morfológicos más distintivos, así como los biotopos donde se encuentran y su tipo de alimentación. Se hace una evaluación de la biodiversidad, encontrando que existen citados más de 700 taxa, muchos de ellos a nivel genérico, de 24 familias. Se discute su distribución geográfica por provincias biogeográficas, así como la diversidad de cada estado. Se presentan cuadros con la clasificación ecológica con ejemplos mexicanos; se indican las familias y su riqueza a nivel mundial y nacional, así como la curva acumulativa de especies mexicanas por quinquenio.

Palabras clave: Collembola, biodiversidad, distribución, ecología, acumulación de especies.

Abstract. A brief assessment of the importance of the group in different ecosystems is done. A description of the most distinctive morphological characters, as well as biotopes where they live is included. An evaluation of their biodiversity is presented; finding that more than 700 taxa have been cited, many of them at the generic level, in 24 families. Their geographical distribution is discussed and the state richness is pointed out. Tables of ecological classification applied to Mexican species are given. Families and their richness at global and national level are included. The cumulative curve of the Mexican species described every five years is given.

Key words: Collembola, biodiversity, distribution, ecology, species accumulation.

Introducción

Los colémbolos son pequeños hexápodos, parientes de los insectos pero sin alas (ahora considerados como una clase separada), que miden en promedio 2 mm de longitud (entre 200 micras y 10 mm), son comunes y abundantes en diferentes ambientes, y con frecuencia se registran densidades hasta de más de 100 000 ind/ m² de suelo (Hopkin, 1997, 2002). En el dosel de las selvas puede haber más de un millón de ejemplares por 100 m² (Palacios-Vargas y González, 1995).

En su conjunto, estos animales habitan en muchos lugares del mundo, ya que su alta capacidad de dispersión les ha permitido conquistar diferentes ecosistemas con climas extremos tales como los desiertos y las regiones polares (Hopkin, 2002), así como también las zonas tropicales y templadas. Los ambientes en los que siempre se hallan son: el suelo hasta 1.5 m de profundidad, la hojarasca presente en el piso de los bosques, en los musgos, en las cortezas de los árboles, en los estanques de agua temporales o permanentes, ríos y lagos, guano de

murciélagos, en cuevas y en plantas que crecen arriba de los árboles (epífitas). Son frecuentes en nidos de insectos sociales, aves y mamíferos (Hopkin, 1998; Palacios-Vargas, 2000; Cutz-Pool et al., 2007). Los únicos ambientes que poco han podido colonizar son las aguas profundas y el mar abierto; sin embargo, el litoral marino, rocoso o arenoso tiene una gran abundancia de colémbolos.

Importancia. Los colémbolos juegan un importante papel funcional en los procesos de descomposición de la materia vegetal muerta, del ciclo de nutrientes y ayudan en la formación de las características del suelo (Cassagne et al., 2003). Sus heces tienen influencia en los procesos húmicos. También intervienen en la dispersión de esporas de hongos y de bacterias. Además son relevantes porque son el alimento de muchos insectos, en particular hormigas y escarabajos, así como numerosos ácaros depredadores, arañas y algunos vertebrados como aves, ranas y peces.

La mayoría de ellos se alimenta de hongos, esporas o de material vegetal en descomposición. También hay algunas especies que ingieren gusanos redondos (nemátodos), algunos microorganismos como los rotíferos, tardígrados, otros colémbolos (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta, 1994) y ácaros (Castaño-Meneses et al., 2004). Muy pocas especies de colémbolos son plagas de la alfalfa, hongos, tomate

y caña de azúcar. Hay registros inéditos de colémbolos que se alimentan de tejidos en descomposición de *Agave tequilana* en Jalisco, así como del apio y otras hortalizas de Xochimilco. Los pocos registros que existen sobre sus ataques y daños producidos a humanos, son erróneos; sin embargo en México algunos miembros de la familia Entomobryidae (*Seira* sp.) pueden ser tan abundantes en ciertas épocas que invaden casas y tiendas de campaña.

En la composta tienen gran relevancia en los procesos de descomposición de la materia, donde algunas especies tienen una notoria abundancia (Mejía-Recamier y Palacios-Vargas, 2008); sin embargo, aún existen pocos trabajos para evaluar su participación en estos procesos a nivel mundial.

Descripción morfológica del grupo. El cuerpo de los Collembola está cubierto de sedas y con frecuencia de escamas y tricobotrias, se divide en 3 regiones: *a)* cabeza con un par de antenas con 4 artejos (a veces subdivididos o anillados y con numerosas sedas y sensilas) y 8 corneolas a cada lado de la cabeza; algunas especies cavernícolas o de suelos profundos carecen por completo de ojos. Entre las corneolas y las antenas puede existir un órgano postantenal formado por una o numerosas vesículas. Las piezas bucales, mandíbulas y maxilas, están dentro de la cavidad bucal y pueden estar adaptadas para masticar o para picar y chupar sus alimentos; *b)* tórax, conformado por 3 segmentos, cada uno lleva un par de patas; las patas están formadas por: precoxa, coxa, trocánter, fémur y tibiotarso cuyo ápice tiene un pretarso con 1-2 sedas, un ungues y por lo general un apéndice empodial. El tibiotarso de muchos géneros tiene sedas capitadas llamadas “tenent hairs”. En varias familias el pronoto está reducido y carece de sedas; *c)* abdomen, que puede ser deprimido, o comprimido como pequeños camarones y constituido por 6 segmentos, algunos de ellos pueden estar fusionados dependiendo de las familias (Hopkin, 1997, 2002). El abdomen lleva un tubo ventral (colóforo) en el primer segmento, un retináculo en el tercero que le sirve para fijar la fúrcula cuando está en reposo, la fúrcula en el cuarto —la fúrcula está formada por una parte basal llamada manubrio, un par de dientes en cuyo ápice está un mucrón en cada uno de ellos—, la abertura genital en el quinto y la abertura anal en el sexto. La fúrcula les sirve para brincar y librarse de sus depredadores (Fig. 2). El nombre de Collembola se deriva de la palabra griega “colla” que significa pegamento y “embolon”, pistón o tubo. Este característico tubo ventral del grupo o colóforo, es un tubo pegajoso de origen apendicular, que ellos usan para adherirse a las superficies lisas y es su carácter más distintivo (Fig. 2).

Otra estructura típica del grupo es la fúrcula, pero su desarrollo varía y las formas que viven en suelos profundos

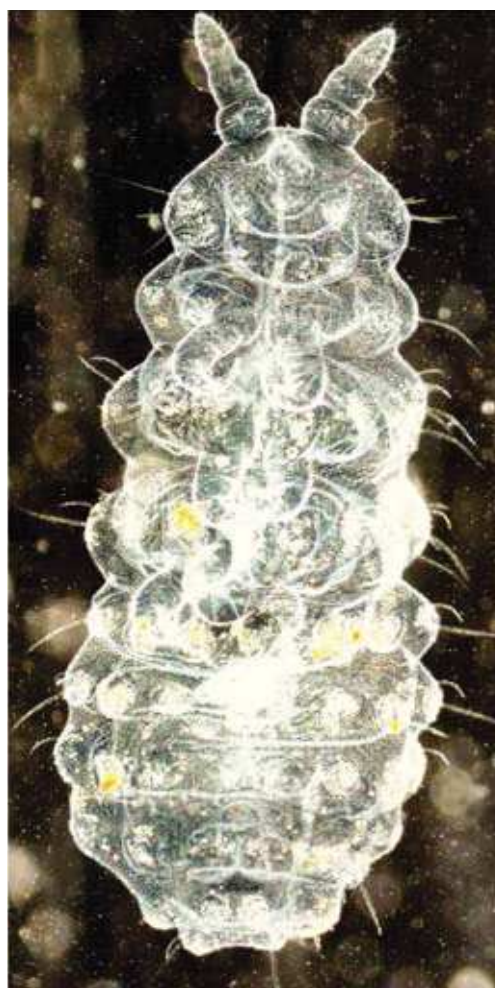


Figura 1. Orden Poduromorpha.

han perdido la capacidad de brincar y carecen de ella. Los colémbolos pueden ser blancos, azules, grises, rojos, amarillos y varios son multicolores. Su cuerpo puede ser alargado (Figs. 1, 2), o globoso (Figs. 3, 4) y eso depende del grupo al que pertenecen y el ambiente en que viven. La mayoría respira por medio de la cutícula y pocas especies tienen traqueas.

Tallas. Si bien es cierto que en promedio, los colémbolos miden 2 mm de longitud, algunos de ellos pueden ser diminutos como los representantes de la familia Tullbergiidae que pueden medir menos de 200 micras y los de mayor talla llegan hasta poco más de 1 cm como *Tetrodontophora bielanensis* (Onychiuridae) de Europa central o los *Holacanthella* (Neanuridae) de Nueva Zelanda y zonas cercanas.

Hábitats. Los colémbolos como grupo tienen una distribución cosmopolita; sin embargo, algunos géneros están limitados a distintos biotopos y zonas biogeográficas.

Figura 2. Orden Entomobryomorpha.

Anteriormente, se pensaba que siempre estaban vinculados al suelo y la hojarasca con cierta humedad, pero actualmente se sabe que viven en diferentes ecosistemas con climas extremos tales como los desiertos y las regiones polares (Hopkin, 2002). Están desde el nivel del mar hasta más de 7 000 m de altitud. Se les encuentra prácticamente en todos los biotopos: suelo, hojarasca, musgos, hepáticas, hongos, cortezas de árboles, troncos en descomposición, guano de murciélagos y otros biotopos cavernícolas, plantas epífitas, dosel de las selvas, ríos y lagos. Son frecuentes en nidos de insectos sociales, aves y mamíferos (Hopkin, 1998; Palacios-Vargas, 2000) y hasta en el litoral marino y si bien no han colonizado las aguas profundas y el mar abierto, algunos utilizan las corrientes marinas para su dispersión. Pueden sobrevivir en la nieve y junto a los glaciares.

Los Collembola son panfitófagos y se pueden alimentar de materia orgánica en descomposición, como troncos, excremento y cadáveres de otros animales; sin embargo, la mayoría ingiere polen, algas, esporas y micelios de hongos, por lo que son considerados detritívoros y tienen importancia en los procesos de

degradación. Pocas especies son carnívoras como muchas *Friesea* e *Isotoma*, que se pueden alimentar de Nematoda, Tardigrada y Rotifera (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta, 1994). También dependiendo de las condiciones del nicho ecológico, su preferencia alimenticia puede variar. Por ejemplo, se ha observado que los que viven en *Tillandsia violacea* (Bromeliaceae) comen detritus, algas, diatomeas y bacterias, pero cuando hay poblaciones abundantes de ácaros (Astigmata y Prostigmata), *Ptenothrix marmorata* se puede alimentar de ellos, y *Seira purpurea* también se puede alimentar de otros Collembola que viven en las bromeliáceas (Castaño-Meneses et al., 2004). Sus piezas bucales por lo general son masticadoras, pero algunos pueden tener hábitos alimenticios especializados, como los *Brachystomella* con maxilas cuadradas para romper esporas; muchos Neanuridae tienen mandíbulas y maxilas estiletiformes para alimentarse de los jugos de las hifas fungales. Sólo los miembros de *Microgastrura* en la familia Hypogastruridae, tienen piezas bucales adaptadas para picar las hifas y micelos de los hongos (Vázquez y Palacios-Vargas, 1996), en todos los demás géneros de la familia son masticadoras. Los que viven en litorales

marinos como *Isotogastrura* y *Archisotoma* se alimentan de algas y bacterias que filtran con las largas barbillas de sus lamelas maxilares.

Sistemática. Desde hace tiempo se considera a los colémbolos como una clase separada, con distintos argumentos, tanto morfológicos, como evidencias de análisis de biología molecular. Regier y Shultz (2011) hacen una propuesta de su posición con base en un análisis filogenómico de secuencias nucleares de proteínas. Bellinger et al. (2012) consideran que existen 4 órdenes dentro de esta clase: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona y Symphypleona.

Los Poduromorpha tienen el cuerpo alargado, con tórax y primeros segmentos abdominales separados por suturas dorsales. Con protórax claramente visible dorsalmente, cuerpo sólo con sedas, órgano postantenal con numerosas vesículas, cuerpo deprimido dorso-ventralmente y con los segmentos siempre separados, antenas de 4 artejos, con frecuencia tercero y cuarto fusionados dorsalmente (Fig. 1).

Los pertenecientes al orden Entomobryomorpha, tienen cuerpo alargado, con tórax y primeros segmentos abdominales separados por suturas dorsales (Fig. 2). El pronoto muy reducido, sin sedas ni escamas, pero el resto del cuerpo con ellas. Eventualmente algunos segmentos posteriores del abdomen fusionados entre ellos, pero nunca con el tórax. Cuerpo comprimido lateralmente, antenas con 4-6 aparentes artejos. Cuando hay órgano postantenal por lo general está formado por una sola vesícula o muy pocas.

Los Neelipleona tienen el cuerpo globoso, dividido en 2 partes: cabeza y una ancha masa formada por el tórax fusionado con los segmentos abdominales. Antenas con 4 artejos, más cortas que la cabeza, sin ojos ni pigmento, son muy pequeños y están confinados al suelo. Existen pocas especies a nivel mundial (Fig. 3, Cuadro 1).

Los Symphypleona presentan el cuerpo globoso, dividido en 3 partes: cabeza, gran abdomen y pequeño abdomen. Antenas más largas que la cabeza y a veces anilladas, ojos generalmente presentes, con patrones de coloración diversos o sin él cuando son edáficos o cavernícolas. Por lo general tienen tamaño mediano y es un grupo muy diverso (Fig. 4).

Clasificación ecológica. Por otra parte, la clasificación ecológica es muy interesante, ya que permite correlacionar fácilmente la morfología de los colémbolos con el ambiente en que viven las distintas especies (Cuadro 2). Formas epigeas como *Salina banksi* (Paronellidae) y *Adisianus maassius* (Bourletiellidae) tienen 8 pares de ojos y pigmento; tanto las antenas como la fúrcula y las patas son largas; viven sobre la vegetación y en particular en el dosel de la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco.

Cuadro 1. Principales taxones de Collembola y estimación de la riqueza de especies por familia (excluidas 10 familias que no existen en México)

<i>Orden/familia/especies</i>	<i>México</i>	<i>Mundo</i>
Orden Poduromorpha		
Neanuridae	100	1 436
Brachystomellidae	20	130
Odontellidae	16	132
Poduridae	1	2
Hypogastruridae	80	687
Onychiuridae	21	578
Tullbergiidae	27	216
Orden Entomobryomorpha		
Isotogastruridae	3	8
Oncopoduridae	5	53
Tomoceridae	4	165
Isotomidae	82	1 354
Actaletidae	2	12
Entomobryidae	111	1 733
Paronellidae	19	378
Cyphoderidae	4	128
Coenaletidae	1	2
Orden Neelipleona		
Neelidae	10	35
Orden Symphypleona		
Sminthuridae	14	146
Katiannidae	8	207
Arrhopalitidae	8	136
Collophoridae	1	8
Sminthuridae	20	247
Bourletiellidae	10	245
Dicyrtomidae	15	200

Las hemiedáficas tienen antenas moderadamente largas, ojos y pigmento bien desarrollados. Entre ellas están las llamadas epineústicas, con mucrón lamelado y uñas modificadas, habitando la superficie del agua, como *Ballistura schoetti* y *Sminthurides* sp. de los canales de Mixquic, D. F. Las especies normales como *Hypogastrura gibbosa*, que tienen un mucrón sin lamelas muy desarrolladas, pocas sedas claviformes y “tenent hairs” puntiagudos, se distribuyen en la superficie del suelo, hojarasca y humus. Las especies xeromorfas como *Friezea hoffmannorum* y *Schoettella janiae* tienen mucrón normal, cutícula a menudo rígida y numerosas



Figura 3. Orden Neelipleona.

sedas y “tenent hairs” claviformes, habitan los musgos, cortezas, líquenes y epífitas. Las especies litorales que se conocen de México son pocas, destacan las del género *Isotogastrura* y *Archisotoma* que además de tener cierta reducción del número de ojos, tienen las antenas, las patas y la fúrcula cortas (Palacios-Vargas y Thibaud, 2001; Thibaud y Palacios-Vargas, 2001). Cabe destacar que tienen estructuras especiales, así como órganos sensoriales peculiares.

Las formas euedáficas como *Protaphorura armatus* y *Mesaphorura krausbaueri* tienen las antenas cortas y carecen de ojos y de pigmentos. Muchas de sus especies pueden ser encontradas en las cuevas; sin embargo, hay que recordar que existe una convergencia de los caracteres modificados como adaptación al ambiente. Es así que tanto las formas euedáficas como las troglomórficas carecen de ojos y de pigmento.

Las especies sinecomorfas, habitantes de nidos de insectos sociales, además de carecer de ojos y pigmento, presentan piezas bucales, uñas y fúrcula modificadas, las sedas y escamas son muy peculiares. *Paracyphoderus dimorphus* fue descrita con ejemplares encontrados en

nidos de *Trigona* (Hymenoptera: Apidae) de Jalapa, Veracruz.

Las troglomorfas están confinadas a medios cavernícolas y se caracterizan por la reducción del número de ojos o su ausencia total y también la carencia de pigmento, como *Arrhopalites vazquezae* de cuevas de Oaxaca (Palacios-Vargas y Zeppelini, 1995). Las antenas son largas, y las uñas están modificadas, similar a lo que ocurre en las especies epineústicas. En México hay varios géneros con representantes cavernícolas, como *Pseudosinella* y *Trogolaphysa* de los que se han descrito formas altamente adaptadas para dichos ambientes (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2011; Palacios-Vargas et al., 1985).

Por otro lado, los colémbolos acuáticos pueden ser clasificados de la siguiente forma: 1) epineústicos, son los que viven sobre la capa superficial del agua dulce, como *Sminthurides*. Pueden caminar y hasta brincar sobre el agua, generalmente no se encuentran en otros ambientes; 2) epineustofilicos, frecuentemente se encuentran en la superficie del agua dulce, ya que viven muy cerca de la orilla de los lagos y estanques, como *Ballistura*;

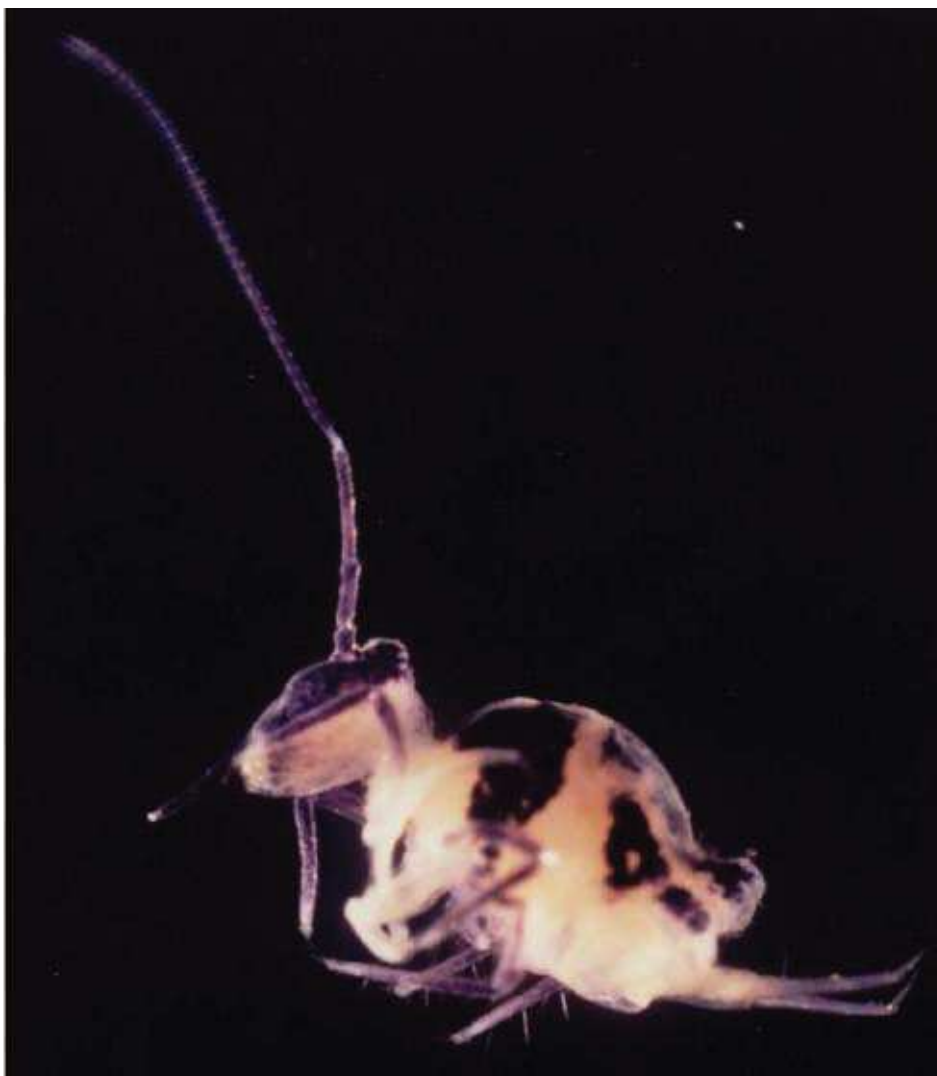


Figura 4. Orden Symphylea.

3) epineustoxénicos, son los que en realidad viven en otros ambientes, nunca en el agua. Si ellos caen en la superficie del agua pueden morir, ya que no pueden caminar sobre ella como ocurre con las *Ceratophysella*; 4) litorales, viven en las costas del mar, generalmente en las rocas. Ellos tienen adaptaciones para vivir en el agua marina y pueden ser sumergidos por las olas, pero sobreviven. Los machos tienen antenas prensiles para sujetar a las hembras, como *Spinactaletes*; 5) psamnóticos, están adaptados para vivir en la arena de las playas; su cuerpo es alargado y no se encuentran en otros ambientes como las especies de *Isotogastrura*.

Técnicas de colecta y preservación. Para el estudio de los colémbolos, existen muchas formas de colectarlos, desde muestreos de los biotopos donde viven, hasta el uso de

diversas trampas. Algunas de ellas como las trampas pitfall (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2008) han sido poco utilizadas, pero pueden ser muy eficientes y se obtienen miles de ejemplares en poco tiempo de familias epiedáficas como: Entomobryidae, Sminthuridae e Isotomidae; pero otras, como Neanuridae e Hypogastruridae son pocos los que llegan a esas trampas y las que nunca caen son las formas eudáficas como Onychiuridae y Tullbergiidae (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2008).

Las necrotrampas pueden ser usadas eficientemente tanto en bosques como en ambientes cavernícolas (Terrón-Sierra y Palacios-Vargas, 1991; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1994); mientras que para los colémbolos que viven en la superficie del agua de estanques como *Sminthurides* (dulceacuicola), o en el litoral marino como *Spinactaletes*

Cuadro 2. Clasificación ecológica de los colémbolos

<i>Categoría</i>	<i>Ojos</i>	<i>Pigm.</i>	<i>Anten.</i>	<i>Patas</i>	<i>Fúrcula</i>	<i>Faneras</i>	<i>hábitat/v. gr</i>
Epiedáficas	8	+	L	L	L	+	dosel <i>Salina</i> (Paronellidae)
Hemiedáficas							
Normal	8	+	C	C	C	–	hojarasca <i>Ceratophysella</i> (Hypogastruridae)
Xeromorfa	8–	+ –	C	C	C	–	musgos, líquenes <i>Friezea</i> (Neanuridae)
Epineústicas	8–	+ –	C-L	C	C	–	superficie agua <i>Ballistura</i> (Isotomidae)
Litorales	8–	– +	C	C	C	+	arena <i>Isotogastrura</i> (Isotogastruridae)
Euedáficas	0	–	C	C	C-red	–	Suelo y cuevas <i>Mesaphorura</i> (Tullbergiidae)
Sinecomorfas	0	–	L	L	L	+	hormigueros y termit. <i>Cyphoderus</i> (Cyphoderidae)
Troglomorfas	0	–	L	L	L	+	cuevas y grutas <i>Arrhopalites</i> (Arrhopalitidae)

(litorales marinos), e incluso para los que viven dentro de depósitos de agua dentro de las cuevas, se pueden usar trampas epineústicas (Palacios-Vargas, 1990), con muy buenos resultados.

Las técnicas de “fogging” son excelentes y se ha llegado a obtener más de un millón de ejemplares en 100 m² (Palacios-Vargas y González, 1995; Palacios-Vargas et al., 1998; Palacios-Vargas y Castaño-Meneses, 2003). Incluso las trampas de Malaise, que son preferentemente para insectos voladores, pueden ayudar en la colecta de colémbolos. En las selvas secas de México los colémbolos pueden representar el 6% de los artrópodos capturados con dichas trampas, ocupando el cuarto lugar después de Diptera (35%), Coleoptera e Hymenoptera (13%), sin embargo hay poca diversidad (Palacios-Vargas et al., 1998). Para los troncos en descomposición, que pueden tener muchos colémbolos, sobre todo Neanuridae e Hypogastruridae (Palacios-Vargas y Castillo, 1992) que tienen una interesante sucesión, es necesario usar embudos de Berlese-Tullgren para su extracción.

Para la identificación de los colémbolos es necesario hacer preparaciones microscópicas bajo la lupa. Para ello hay que quitar la grasa del cuerpo y destruir los músculos, poniéndolos en potasa fría al 10% por unos minutos, luego pasarlos al lactofenol en caliente para aclararlos y después montarse entre porta y cubre en líquido de Hoyer (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007). La observación de su morfología es mejor en el microscopio de contraste de fases.

Ciclo de vida. Por lo general siempre existen ambos sexos, hembras y machos; sin embargo, las diferencias morfológicas entre los sexos son pocas, excepto algunos casos particulares, en especial en las formas acuáticas (Actaletidae, Coenaletidae, y Sminthuridae). Se conocen varios casos de partenogénesis en *Mesaphorura*, *Neanura*, *Folsomia* e *Isotoma*. Estudios recientes de *Seira* (Entomobryidae) de Brazil (Zeppelini y Bellini, 2006) mostraron machos con patas modificadas para un comportamiento agonístico. Una compilación del dimorfismo sexual fue realizado por Palacios-Vargas y Castaño-Meneses (2009).

A pesar de no existir cópula, la transferencia del espermatóforo se lleva a cabo con o sin un comportamiento ritual entre los dos sexos. Después, las hembras ponen paquetes de 8 a 50 huevos que tardan de unos días hasta 2 o más meses en eclosionar. Los juveniles nacen con el número de segmentos que tendrán cuando adultos (son epimórficos) y no sufren grandes cambios durante su desarrollo hasta llegar a adultos (ametábolos); sin embargo, cambian de cutícula toda su vida. Su ciclo de vida desde huevo hasta adulto varía entre 8 semanas hasta un año y algunos pueden vivir hasta 3 años.

Estudios generales o de revisión más importantes. Palacios-Vargas (1983) hace una reseña histórica de todos los trabajos hechos en México sobre colémbolos y además hace un inventario de las especies citadas hasta principios de 1980. Posteriormente, en el catálogo del mismo autor (Palacios-Vargas, 1997) se hace un inventario

de todos los taxa y su distribución en los estados, así como de sus hábitats de preferencia. Palacios-Vargas et al. (2000) recopilaron toda la información y presentan cuadros con las especies y su distribución estatal, además de dar información sobre los caracteres de cada familia y su distribución ecológica.

El catálogo de los colémbolos de México fue actualizado en el 2004 (Palacios-Vargas et al., 2004) con base en la colección de colémbolos del laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias, UNAM, donde se evaluó además la cantidad de ejemplares que existen en ella y el material tipo que contiene. Dicha colección contiene cerca de 600 especies (Palacios-Vargas et al., 2004), el 90% de todas las que existen en el país. Vázquez y Palacios-Vargas (2004) publicaron un catálogo de colémbolos de Sian Ka'an, con lo que se incrementa notoriamente el conocimiento de dicha fauna en Quintana Roo que incluye también nuevos registros del país.

Diversidad

Se conocen poco más de 8 200 especies de colémbolos en el mundo, algunas ampliamente distribuidas, ya que tienen gran capacidad para ocupar diversos hábitats; sin embargo, esta cantidad sólo representa una proporción muy baja del número de especies que deben existir en realidad, ya que aún faltan muchas por descubrir y describir. En México se conocen 24 familias (el 70% de las existentes en el mundo). Las familias con mayor cantidad de registros son: Entomobryidae, Neanuridae, Isotomidae e Hypogastruridae (Cuadro 1) y de las que se tienen menos son Poduridae, Coenaletidae, Colophoridae y Actaletidae, pero que tampoco tienen una gran riqueza a nivel mundial.

La diversidad de colémbolos que se conocía para el país era muy baja hasta principios de los años 70, menos de 200 especies (Palacios-Vargas, 1983). Posteriormente hubo un incremento en la descripción de nuevos taxa (Fig. 5), así como de nuevos registros, más de 550 para 1997 (Palacios-Vargas, 1997) y cerca de 700 para el 2004 (Palacios-Vargas et al., 2004; Castaño-Meneses, 2005). Sin embargo, muchos de los registros han sido a nivel genérico con taxa cercanos o conferidos a diversas especies. Un registro estricto de los colémbolos a nivel de especie llega apenas a 600. Según Hopkin (1998) el total de Collembola en el mundo debe ser de 50 000 especies, extrapolando estos datos, posiblemente existan en México cuando menos 3 600 especies ya que de muchos estados se tiene un conocimiento muy incipiente.

Distribución en México. Los estados donde han sido citados mayor cantidad de especies colémbolos en orden descendente: estado de México (164), Veracruz (150), Distrito Federal (120), Morelos (105), Hidalgo (99), Jalisco (99) y Guerrero (92), lo que no indica que sean los que tengan mayor riqueza específica, solamente que es donde más se ha trabajado por la realización de diversos proyectos. Los estados de los que se tiene menor número de registros (menos de 10 para cada uno), son Nayarit, Coahuila, Aguascalientes, Tlaxcala y Sinaloa (Fig. 6). La suma de todos los registros estatales es de 1 444.

Comparando con lo conocido en el año 2000 (Palacios-Vargas et al., 2000) los estados donde más se ha incrementado el conocimiento de este grupo son: Hidalgo (157%), Estado de México (56%), Veracruz (14%), Distrito Federal (25%) y Quintana Roo (337%). Este incremento se debe a proyectos particulares de larga duración realizados por el personal del laboratorio de Ecología y Sistemática

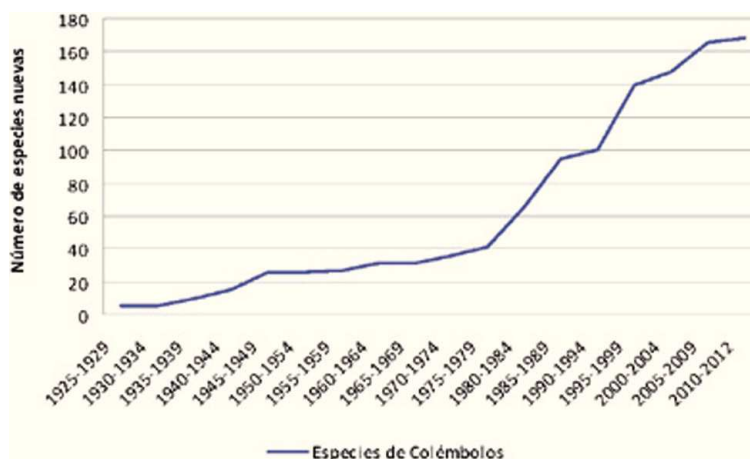


Figura 5. Curva acumulativa de descripción de especies de Collembola de México.

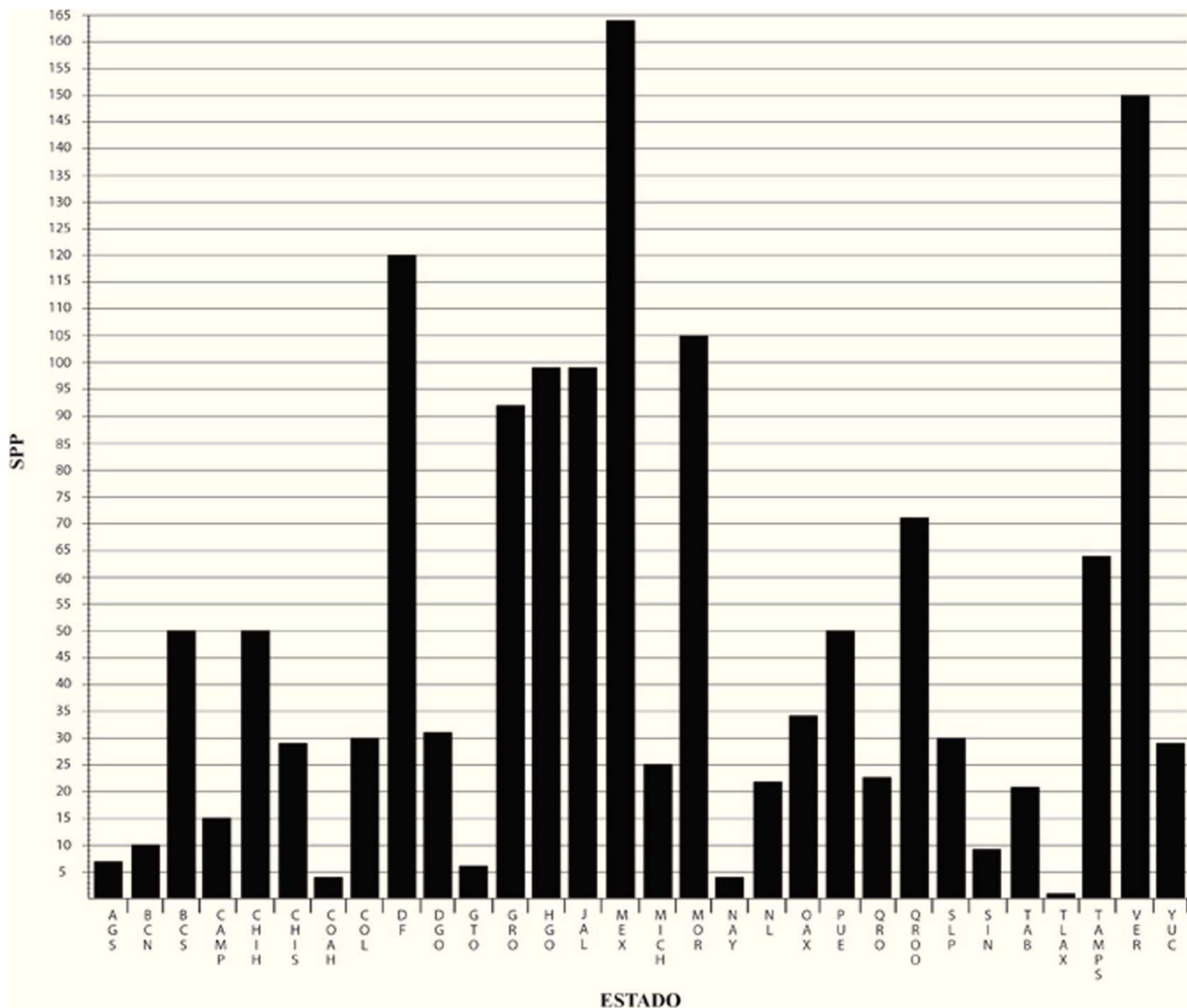


Figura 6. Estados y cantidad de especies de Collembola de México.

de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias (UNAM), así como por la Universidad de Quintana Roo.

Algunas especies están distribuidas ampliamente en el país, como *Folsomides parvulus* que está en 17 estados, *Mesaphorura yosiii*, *Isotomiella minor* y *Megalothorax minimus* en 16, *Xenylla welchi* en 15, *Brachystomella parvula* y *Ceratophysella denticulata* en 14, *Mesaphorura krausbaueri* y *Xenylla humicola* en 13 estados. Sin embargo, 319 especies, más del 50% de las registradas de México, sólo están registradas para un solo estado. Con esto se denota que existen varios géneros y especies endémicas en varias localidades y que aún falta mucho por conocerse. La fauna de colémbolos debe ser más del 10% de la existente a nivel mundial, ya que hay muchos

estados y ecosistemas que no han sido estudiados con profundidad.

De acuerdo con Delgado-de la Selva (2010) numerosos colémbolos tienen una gran varianza ecológica, que les permite adaptarse a diferentes ambientes y hábitats por lo que son considerados cosmopolitas. Dichas especies en México se presentan en más de la mitad de las provincias biogeográficas, tanto en las neárticas, como en las neotropicales y la zona de transición mexicana: *Ceratophysella denticulata*, *C. gibbosa*, *Xenylla grisea*, *X. humicola*, *X. welchi*, *Xenyllodes armatus*, *Brachystomella contorta*, *B. parvula*, *Neanura muscorum*, *Pseudachorutes subcrassoides*, *Thalassaphorura encarpata*, *Mesaphorura krausbaueri*, *M. macrochaeta*, *M. yosiii*, *Folsomides*

angularis, *F. centralis*, *F. parvulus*, *Hemisotoma thermophyla*, *Folsomia candida*, *Folsomia onychiurina*, *Proisotoma minuta*, *Clavisotoma laticauda*, *Isotomurus palustris*, *Isotomiella minor*, *Desoria trispinata*, *Parisotoma notabilis*, *Isotoma viridis*, *Americabrya arida*, *Pseudosinella alba*, *P. octopunctata*, *P. sexoculata*, *Seira purpurea*, *Megalothorax minimus* y *Sphaeridia pumilis*.

Hasta el momento se ha logrado caracterizar a las provincias de California (CAL) y Baja California (BC) por la presencia de especies endémicas como *Thalassaphorura hoguei*, *T. lagunensis*, *Willemia bellingeri*, *Friesea flava* e *Isotogastrura ahuiotl*. Por su parte, para la provincia de Sonora (SON) destacan: *Friesea carlota* y *Seira nicoya*. Para la provincia del Altiplano Mexicano (MPL) son endémicas: *Typhlogastrura elsarzola*, *Acherontiella epigea*, *Acherontides pappogeomysae*, *Rapoportella lowriei*, *Pseudachorutes deserticus*, *Stachorutes escobare*, *Proisotoma frisoni*, *Sminthurinus atrapallidus*, *Dicyrtoma hageni* y *Sphyrotheca confusa*. Sin embargo, *Podura aquatica* es la única especie que caracteriza a la provincia de Tamaulipas (TAM), mientras que para la Sierra Madre Occidental (SMO) son *Orchesella celsa* y *O. impavida*. Hasta el momento, el número de especies que caracterizan a las provincias de la región Neártica de México son tan sólo 17, lo que es relativamente bajo comparado con las otras regiones.

Es notoria la cantidad de especies que caracterizan a la zona de Transición Mexicana (101). Las de la provincia de la Sierra Madre Oriental (SME) son: *Hypogastrura copiosa*, *Ceratophysella pratorum*, *C. sedecimocellata*, *Typhlogastrura veracruzana*, *Friesea judithae*, *F. tzontli*, *Paranura jorgei*, *P. longisensillata*, *Nahuanura ce*, *N. ome*, *N. trioculata*, *N. yei*, *Americanura castillorum*, *A. sotanophila*, *A. unguimtl*, *Palmanura colotlipa*, *P. primigenia*, *Similonychiurus voegtlini*, *Deuteraphorura paro*, *Mesaphorura javieri*, *Trogolaphysa marimutti* y *Oncopodura prietori*. Las del Eje Volcánico Transmexicano (VOL) son: *Hypogastrura antra*, *H. leo*, *Xenylla cavernarum*, *X. wilsoni*, *Superodontella gladiolifer*, *S. tlaloci*, *Brachystomella zapatai*, *Friesea tepetlana*, *F. xitlensis*, *Pumilinura hidalgoi*, *Paleonura colimana*, *Americanura banksi*, *A. mexicana*, *Palmanura matildae*, *P. normae*, *Agraphorura acuitlapanensis*, *Mesaphorura knowltoni*, *M. hades*, *Folsomides chichinautzini*, *Isotomodes klostermani*, *Isotomurus cibus*, *Orchesella bullulata*, *O. carneiceps*, *O. folsomi*, *O. zebra*, *Dicranorchesella occulta*, *Entomobrya sinelloides*, *Coecabrya caeca*, *Entomobryoides mineola*, *Desertia semicolorata*, *Lepidocyrtus usitatus*, *Pseudosinella huautla*, *P. palaciosi*, *Trogolaphysa relictata*, *Megalothorax tonoius*, *Sminthurides hyogramme*, *Arrhopalites diversus*, *Sminthurus packardi*, *Sphyrotheca peteri* y *Prorastriopes*

validentatus.

Para Depresión del Balsas (BAL) sólo son: *Schoettella glasgowi*, *Palmanura longa*, *Aethiopella caraibensis* y *Pseudosinella finca*; y para la Sierra Madre del Sur (SMS) son: *Acherontides juxtlahuacaensis*, *Acherontiella colotlipana*, *Trogolaphysa nacionalica* y *T. yoshiia*.

La región Neotropical del país es la que presenta mayor cantidad de endemismos que caracterizan a las provincias que la conforman. La Costa Pacífica Mexicana (MPA) tiene como elementos distintivos: *Ceratophysella moroni*, *Acherontides bullocki*, *Willemia psammophila*, *Rapoportella margaritae*, *Friesea albithorax*, *F. filii*, *F. jaliscoensis*, *F. nauimetztli*, *F. palafoxaliciae*, *Paleonura pescadorius*, *Paranura tapatia*, *Pseudachorutes lunatus*, *Aethiopella delamarei*, *Neotropiella vanderdrifti*, *Multivesicula aliciae*, *Mesaphorura matilei*, *Folsomides socorrensis*, *Archisotoma litoralis*, *Desoria hiemalis*, *Isogastrura atuberculata*, *Pseudosinella petrustrinatti*, *P. rolfsi*, *P. vita*, *Sminthurides globocerus*, *Denisiella nayarita*, *Arrhopalites hennigius*, *Temeritas macroceros* y *Adisianus massius*.

Para la provincia del Golfo de México (MGU) son: *Ceratophysella maheuxi*, *C. najtae*, *Schaefferia oaxacana*, *Microgastrura nanacatllica*, *Brachystomella baconaoensis*, *Friesea cera*, *Paranura impedita*, *Americanura medellini*, *A. setafoleacea*, *Palmanura pascuali*, *P. saham*, *P. wilsoni*, *Micranurida furcifera*, *Allonychiurus sensilatus*, *Tullbergia mala*, *Mesaphorura bassolsae*, *M. foveata*, *Chaetophorura mala*, *Cryptopygus constrictus*, *Bonetrura boneti*, *Isotogastrura veracruzana*, *Spinactaletes calcarius*, *Neorchesella mexicana*, *Heteromurtrella schötti*, *Pseudosinella gisini*, *P. hirsuta*, *P. volca*, *P. voylesi*, *Campylothorax sabanus*, *Trogolaphysa variabilis*, *Deuterostminthurus tristani* y *Arlesminthurus aucti*. La Península de Yucatán (YUC) es la provincia más rica no sólo de la región Neotropical, sino de todo el país con 47 especies: *Microgastrura sofiae*, *Friesea cubensis*, *F. marianoius*, *Neanura growae*, *Paranura magdalenae*, *P. rooensis*, *Pseudachorutes orghidani*, *Stachorutes maya*, *Agraphorura pseudojusti*, *Weinera ghislainae*, *Tullbergia duops*, *T. obtusochaeta*, *Granuliphorura obtusochaeta*, *Folsomides teres*, *F. yucatanicus*, *Cryptopygus axayacatl*, *Isotomodes fiscus*, *Folsomia prima*, *Appendisotoma vesiculata*, *Isotomurus atreus*, *Sinella avita*, *S. barri*, *Lepidocyrtus beaucatcheri*, *L. cinereus*, *Metasinella falcifera*, *M. nunezi*, *M. rapoport*, *M. toptotypica*, *Pseudosinella aerea*, *P. nata*, *P. spinosa*, *P. yuca*, *Trogolaphysa maya*, *T. xtolokensis*, *Cyphoderus innominatus*, *Coenaletes caribaeus*, *Megalothorax spinotricosus*, *Arrhopalites christianseni*, *Calvatomina opalina*, *Ptenothrix delongi*, *Dietersminthurus enkerlinius*, *Songhaica adoracionae*, *Sphyrotheca diana*, *S. peteri*,

Bourletiella lurida, *Prorastriopes wexfordensis* y *Tenentiella siankaana*. La provincia de Chiapas (CHIS) está caracterizada por: *Ceratophysella tolteca*, *Schoettella novajaniae*, *Brachystomella montebella*, *Palmanura lacandona*, *Thalassaphorura hera*, *Pseudodicranocentrus circulatus* y *Trogolaphysa toroi*. La diversidad registrada para las 14 provincias biogeográficas consideradas por Morrone (2005) se puede ver en la Fig. 7.

Agradecimientos

Se agradece a la Dra. Blanca Mejía-Recamier y al M. en C. Ricardo Iglesias su ayuda para actualizar la lista de especies de Collembola de México, así como la revisión del texto y sus comentarios.

Literatura citada

- Bellinger, P. F., K. A. Christiansen y F. Janssens. 2012. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>; última consulta: 05.V.2012.
- 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.
- Castaño-Meneses, G. 2005. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (reseña). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:107-108.
- Castaño-Meneses, G., J. G. Palacios-Vargas y L. Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75:135-142.
- Cutz-Pool, L. Q., G. A. Villegas-Guzmán y J. G. Palacios-Vargas. 2007. Colémbolos (Hexapoda: Collembola) asociados a nidos de *Neotoma palatina* (Rodentia: Muridae) en Zacatecas, México. *Brenesia* 67:83-86.
- Delgado-de la Selva, E. 2010. Distribución geográfica de Collembola (Hexapoda: Collembola) en México. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 158 p.
- Hopkin, S. P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford. 330 p.
- Hopkin, S. P. 1998. Collembola: The most abundant insects on earth. *Antennae* 22:117-121.
- Hopkin, S. P. 2002. Collembola. In *Encyclopaedia of Soil Science*, M. R. Lal (ed.). Dekker, New York. p. 207-210.

Figura 7. Diversidad de Collembola por provincias biogeográficas. BC: Baja California, CAL: California, SON: Sonora, MPL: Altiplano mexicano, TAM: Tamaulipas, SMO: Sierra Madre Occidental, SME: Sierra Madre Oriental, VOL: Eje Neovolcánico Transmexicano, BAL: Cuenca del Balsas, SMS: Sierra Madre del Sur, MGU: Golfo de México, MPA: Costa Pacífica Mexicana, YUC: Península de Yucatán y CHIS: Chiapas (Morrone, 2005). En negro las provincias de la región Neártica, con diagonal las provincias de la Zona de Transición Mexicana, y en blanco las provincias de la región Neotropical.

- Mejía-Recamier, B. E. y J. G. Palacios-Vargas. 2008. Colémbolos de la composta en el "Bordo Poniente de Xochiaca, Estado de México. *Entomología Mexicana* 7:820-824.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-258.
- Palacios-Vargas, J. G. 1983. Catálogo de los Collembola mexicanos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 27:61-76.
- Palacios-Vargas, J. G. 1990. El uso de trampas epineústicas para la colecta de microartrópodos. *Folia Entomológica Mexicana* 78:275-277.
- Palacios-Vargas, J. G. 1997. Catálogo de los Collembola de México. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 102 p.
- Palacios-Vargas, J. G. 2000. Los colémbolos en los ecosistemas mexicanos. *Biodiversitas* 5:12-15.
- Palacios-Vargas, J. G. y G. Castaño-Meneses. 2003. Seasonality and community composition of springtails in Mexican forest. *In* *Arthropods of tropical forests. Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*, Y. Basset, V. Novotny, S. E. Miller y R. L. Kitching (eds). Cambridge University Press, Cambridge. p. 159-169.
- Palacios-Vargas, J. G. y G. Castaño-Meneses. 2009. Importance and evolution of sexual dimorphism in different families of Collembola (Hexapoda). *Pesquisas Agropecuarias Brasileiras* 44:959-963.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses y B. E. Mejía-Recamier. 2000. Collembola. *In* *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, J. Llorente, E. González y A. García-Aldrete (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 249-273.
- Palacios-Vargas, J. G. y J. A. Gómez-Anaya. 1994. El uso de trampas para la colecta de colémbolos cavernícolas en el estado de Yucatán, México. *Mundos Subterráneos* 5:40-48.
- Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses y J. A. Gómez-Anaya. 1998. Collembola from the canopy of a Mexican tropical deciduous forest. *Pan-Pacific Entomologist* 74:47-54.
- Palacios-Vargas, J. G. y M. L. Castillo. 1992. Sucesión ecológica de microartrópodos dentro de troncos en descomposición. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* 11:23-30.
- Palacios-Vargas, J. G., L. Cutz-Pool y D. Estrada-Bárcenas. 2004. Actualización de la colección de Collembola de México. XXXIX Congreso Nacional de Entomología, 18 de mayo, 2004. Resúmenes. Mazatlán, Sinaloa. p. 764-768.
- Palacios-Vargas, J. G. y V. González. 1995. Two new species of *Deuterosminthurus* (Bourletiellidae), epiphytic Collembola from the Neotropical region with a key for the American species. *Florida Entomologist* 78:19-32.
- Palacios-Vargas, J. G. y B. E. Mejía-Recamier. 2007. Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. 74 p.
- Palacios-Vargas, J. G. y B. E. Mejía-Recamier. 2008. Diversidad, abundancia y variación estacional de los colémbolos de necrotrampas. *In* *Fauna de suelo I. Micro, meso y macrofauna*, E. G. Estrada-Vanegas (ed.). Colegio de Postgraduados, Texcoco. p. 94-106.
- Palacios-Vargas, J. G. y B. E. Mejía-Recamier. 2011. The Mexican cavernicolous *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryidae) with description of a new species. *Subterranean Biology* 8:49-55.
- Palacios-Vargas, J. G., M. Ojeda y K. A. Christiansen. 1985. Taxonomía y biogeografía de los *Troglopedetes* (Collembola: Paronellidae) de América con énfasis en las especies cavernícolas. *Folia Entomológica Mexicana* 65:3-35.
- Palacios-Vargas, J. G. y V. Vidal-Acosta. 1994. Nuevas especies de *Friezea* (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *Southwestern Entomologist* 19:291-299.
- Palacios-Vargas, J. G. y J. M. Thibaud. 2001. Three new species of Mexican littoral Collembola of genera *Willemia*, *Cryptogygus* and *Isotogastrura* (Hypogastruridae, Isotogastruridae). *Revue Francaise de Entomologie* 23:161-168.
- Palacios-Vargas, J. G. y D. Zeppelini. 1995. Seven new *Arrhopalites* (Hexapoda: Collembola) from Brazilian and Mexican caves. *Folia Entomológica Mexicana* 93:7-23.
- Regier, J. C. y J. W. Shultz. 1997. Molecular phylogeny of the major arthropod groups indicates polyphyly of crustaceans and a new hypothesis for the origin of hexapods. *Molecular Biology and Evolution* 14:902-913.
- Terrón-Sierra, R. A. y J. G. Palacios-Vargas. 1991. Colémbolos atraídos a necrotrampas NTP-80 en la Reserva de la Biosfera "La Michilia", Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana* 81:337-339.
- Thibaud, J. M. y J. G. Palacios-Vargas. 2001. Collemboles interstitiels des sables littoraux du Mexique (Collembola). *Revue Francaise de Entomologie* 23:181-184.
- Vázquez, M. M. y J. G. Palacios-Vargas. 1996. Two new Mexican species of *Microgastrura* (Collembola: Hypogastruridae) associated with mushrooms. *Folia Entomológica Mexicana* 98:59-65.
- Vázquez, M. M. y J. G. Palacios-Vargas. 2004. Catálogo de colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo-Conabio. México, D. F. 123 p.
- Zeppelini, D. y B. C. Bellini. 2006. Two *Seira* Lubbock, 1869 (Collembola, Arthropleona, Entomobryidae) new to science, with remarkable secondary sexual characters. *Zootaxa* 1185:21-35.