



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE COLÉMBOLOS (HEXAPODA:
COLLEMBOLA) DEL DOSEL DEL BOSQUE MESÓFILO DE TLANCHINOL,
HIDALGO, MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

EMILIA ERNESTINA LETICIA VALLADARES RUBIO



**DIRECTOR DE TESIS:
DOCTORA: ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES
2016**

Ciudad Universitaria, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 El dosel y su importancia	7
1.2 El dosel y los artrópodos	8
1.3 Los colémbolos en el dosel	10
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COLÉMBOLOS	
2.1 Hábitat	12
2.2. Los colémbolos como indicadores	14
3. ANTECEDENTES	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general	16
4.2 Objetivos particulares	16
5. JUSTIFICACIÓN	16
6. AREA DE ESTUDIO	17
6.1 Ubicación	17
6.2 Geología	17
6.3 Hidrografía	18
6.4 Clima	18
6.5 Vegetación	18
7. MÉTODO	20
7.1 Colecta	20
7.2Análisis de datos	21
8. RESULTADOS	22
9. DISCUSIÓN	28
10. CONCLUSIONES	31
11. BIBLIOGRAFÍA	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1.Estratificación vertical del bosque	7
Figura.2. Morfología general de un colémbolo	12
Figura.3. Ubicación del área de estudio	19
Figura.4.Vegetación característica del bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México.	19
Figura.5.Aplicación de insecticida a base de piretrinas naturales utilizando una nebulizadora	20
Figura.6.Embudos de colecta utilizados en el área de estudio	21
Figura.7. Abundancia estacional de colémbolos en el dosel del bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México	22
Figura. 8. Abundancia relativa de colémbolos en cinco fumigaciones realizadas en el dosel del bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México.	22
Figura.9. Abundancia relativa de los colémbolos de acuerdo a los sitios de colecta realizados en el dosel del bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México	24
Figura.10. Números de especies encontradas en la época de lluvias y época seca en cada sitio (B= Borde, M = Medio, I= Interno)	25
Figura.11. Abundancia estacional de especies de colémbolos en todos los sitios	27
Figura.12. Especies abundantes con respecto al sitio medio e interno	28
Figura.13.Comparación de las abundancias relativas de <i>Salina</i> sp. y <i>Willowsia mexicana</i> en el sitio de borde	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Abundancia estacional de colémbolos durante cinco fumigaciones en el dosel de un bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México.	23
Cuadro 2. Diversidad, riqueza y equitatividad de la comunidad de colémbolos por temporada y sitio en el dosel de un bosque de <i>Liquidambar</i> en Tlanchinol, Hidalgo, México.	25
Cuadro 3. Valores de riqueza de especies, índices de diversidad de Shannon (H'), y equitatividad de Pielou (J'), en tres sitios en el bosque mesófilo de Tlanchinol, Hidalgo, México.	26
Cuadro 4. Comparación de la composición de especies de colémbolos en el dosel de Tlanchinol, Hidalgo, Chamela, Jalisco y Chajul, Chiapas.	30

RESUMEN

Se estudió la diversidad, riqueza y abundancia de la comunidad de colémbolos asociados al dosel en el bosque mesófilo de Tlanchinol, Hidalgo, durante la temporada de lluvias y secas, en los meses de julio, agosto y septiembre de 2004, abril y mayo de 2005.

Se utilizó un insecticida a base de piretrinas naturales y se aplicó usando una nebulizadora, entre las 4:00 y 6:00 hrs. de la mañana, abarcando un área de 400 m².

El área de estudio fue aproximadamente de 400m². Tres sitios fueron diferenciados dentro del área de interés: a) Sitio de Borde, que era el más cercano al camino de acceso, b) Sitio Medio, que era el intermedio, ubicado a 100 m del borde, c) Sitio Interno, que constituyó el área mejor preservada, ubicada aproximadamente a 200 m en línea recta del borde y a 100 m del sitio medio.

Se utilizaron un total de 20 embudos que fueron colocados en cada área para capturar la fauna que cayera del dosel, los cuales fueron lavados después de 5 horas de la aplicación del insecticida con alcohol del 96%, para recuperar la fauna. La identificación se realizó a nivel de especie o morfoespecie.

Para calcular la diversidad se empleó el índice de Shannon (H'), equitatividad mediante el índice de Pielou (J'), proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Para realizar las comparaciones entre fumigaciones y sitios de colecta, se realizaron análisis de Kruskal- Wallis.

Se obtuvieron un total de 5,267 colémbolos representados en 11 familias y 22 géneros. Durante la época de lluvias fueron 4,377 (83%) colémbolos y de la seca se obtuvieron 890 (17%). Se observó una variación significativa en la composición, abundancia y diversidad de la comunidad de colémbolos entre las estaciones de lluvias y secas.

En el sitio interno se registraron 1,586 (30 %) especímenes, la abundancia más alta se presentó en el sitio de medio con 2,157(41%), y el valor más bajo fue de sitio de borde con 1527 (29 %) especímenes de la total.

Las familias más abundantes fueron Hypogasturidae: (*Schoettella distincta*, *Xenylla* sp.) Entomobryidae: (*Entomobrya* sp., *Orchesella* sp., *Willowsi amexicana*) Paronellidae: (*Salina* sp.) y Dicyrtomidae: (*Dicyrtoma* sp.).

Las especies más abundantes fueron *Willowsia mexicana* (2,615 organismos), *Salina* sp. (1,054 organismos) y *Dicyrtoma* sp. (1,085 organismos) mientras que *Brachystomella* sp y *Sphaeridia* sp., sólo se colectó un organismo de cada una.

Se registras 4 géneros por primera vez en el dosel de México, así como tres especies: *Plutomorus*, *Isotoma*, *Orchasella*, *Ptenotrix*. *Friesa reducta*, *Schoetella distincta*, *Folsomina onychiurina*,

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El dosel y su importancia

El término “dosel” se ha usado para designar distintas cosas, dependiendo de los autores, pero todas ellas, de manera general, hacen referencia a la copa de los árboles. Si se considera una definición más precisa, se puede hablar de la agregación de dichas copas en los bosques, incluyendo el follaje, rama, ramillas y epífitas, es decir todos los elementos de la vegetación por arriba del suelo (Nadkarni, 1995). Esta definición implica subdividir, dependiendo de la altura que se esté considerando; así, al referirnos al dosel, se puede hablar de distintos estratos (Basset *et al.*, 2003 a), como son: a) sotobosque, que se refiere a la vegetación inmediatamente por arriba del suelo, y donde hay menos de 10% de luz; b) superficie del dosel, que es la interface entre la atmósfera y las hojas más superiores; c) dosel superior, que se refiere a la superficie del dosel y al volumen que existe inmediatamente por debajo de él y finalmente, d) el denominado exterior, que está constituido por los árboles emergentes y el aire por arriba del dosel, tal como se muestra en la Fig. 1.

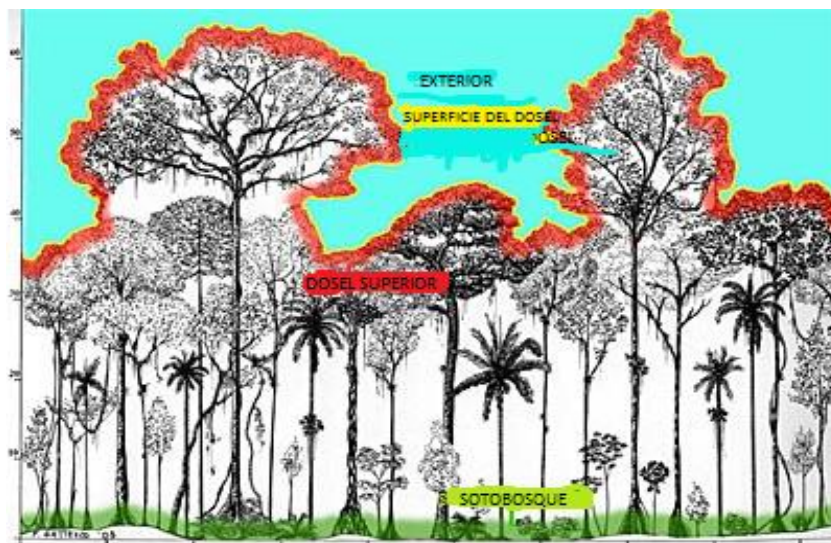


Figura 1. Estratificación vertical del bosque (Dibujado por F. Gattesco, tomado de Basset *et al.*, 2003b)

Dadas las condiciones particulares que se presentan en cada uno de los estratos del dosel, las características de cada uno, los organismos que ahí habitan resultan particulares, por lo que el estudio de tales comunidades ha tenido gran interés para los investigadores.

Este ambiente resulta de una enorme importancia, ya que desde el punto de vista funcional, constituye la interface del más de 90% de la biomasa terrestre y la atmósfera, siendo esencial en el mantenimiento de la biodiversidad, así como determinante al prestar una gran cantidad de servicios ecosistémicos, tanto a nivel local como global (Ozanne *et al.*, 2003). Más del 40% de las especies que habitan el planeta se encuentran en el dosel de los bosques, con un porcentaje de endemismos que se calcula cerca del 10%, lo que hace a este ambiente, una de las fronteras bióticas; (Erwin, 1983).

1.2 El dosel y los artrópodos

Los artrópodos constituyen el grupo más diverso de animales en la tierra, con un gran éxito adaptativo que les ha permitido colonizar todo tipo de ambientes. Las estimaciones de su diversidad, van desde los 3.5 hasta los 30 millones de especies, y los trabajos más recientes, señalan valores aproximados a los 6 millones de especies (Hamilton *et al.*, 2010; Basset *et al.*, 2012); si se considera que en la actualidad se conocen cerca de 1, 800,000 especies en el mundo, el número de especies por descubrir es todavía muy alto.

Los artrópodos que habitan el dosel representan una porción considerable de la biodiversidad de los ecosistemas forestales que se combinan con altos niveles de endemismo (Ozanne *et al.*, 2003). Algunos se pueden considerar únicos del dosel si bien se puede decir que su especificidad puede variar dependiendo del tipo de bosque, su estructura, microclimas, y la diversificación de nichos (Erwin, 1988,1991; Ozanne *et al.*, 2003, Stork, 1988,1993).

Tales especies presentan adaptaciones, que les permiten soportar las condiciones de este ambiente, que pueden resultar estresantes por los grados de insolación y evapotranspiración, lo que a su vez genera una gran diversidad de microhábitats, en los diferentes estratos (Erwin, 1995; Moffett & Lowman, 1995; Stork *et al.*, 1997).

Los cambios espaciales y temporales del dosel (Erwin, 1995), se deben a los distintos procesos ecofisiológicos que se realizan ahí; dado que conforman una de las fuentes principales de los procesos fotosintéticos, así como de evotranspiración e intercepción de humedad y nutrimentos atmosféricos, lo que generan heterogeneidad ambiental, dotándolo de características únicas (Ozanne *et al.*, 2003; Southwood, 1978).

Los artrópodos que habitan en el dosel representan una porción considerable de la biodiversidad de los ecosistemas forestales y juegan un papel ecológico muy importante (Stork *et al.*, 1997; Basset *et al.*, 2012). Muchas de las especies de microartrópodos que colonizan continuamente el dosel de los bosques utilizan los recursos que allí se encuentran, invadiendo todos los nichos imaginables (Erwin, 1995) lo que ofrece oportunidades para una estratificación vertical, rutas de tránsito, lugares de escondite, o de alimento que aprovechan y explotan, (Ozanne *et al.*, 2003; Rodgers & Kitching, 1998; Southwood, 1978; Yoshida & Hilli, 2005). Así mismo, los organismos pueden mostrar adaptaciones particulares para explotar los recursos existentes en este ambiente. Algunos grupos que habitan el dosel solamente lo ocupan temporalmente, y otros son habitantes permanentes sin ninguna relación con el suelo del bosque (Walter & Behan-Pelletier, 1999; Winchester *et al.*, 1999). Inclusive hay grupos, como los colémbolos de la familia Sturnidae, cuyas tres especies conocidas en el mundo, sólo se han encontrado en el dosel y medios asociados (Castaño-Meneses & Palacios-Vargas, 2011).

La superficie de los troncos de los árboles es de especial interés porque muchas especies de microartrópodos los colonizan continuamente, incluso durante el día, lo cual implica condiciones microclimáticas extremas (Prinzing & Wirtz, 1997; Prinzing, 2005).

Para los microartrópodos, los troncos expuestos proporcionan una rica flora criptógama como fuente de alimento con la que pueden interactuar (Prinzing & Wirtz, 1997; Prinzing, 2005), así como también es el caso de las hojas, donde se pueden encontrar comunidades particulares de ácaros asociados a diferentes partes de la estructura foliar (Walter *et al.*, 1994; Walter, 1996; Behan-Pelletier & Winchester, 1998), e incluso deben lidiar con plantas que producen sustancias químicas tóxicas o sistemas de defensa, además de interactuar con otros insectos, bacterias, hongos, (Erwin, 1995).

Las plantas epífitas contribuyen en una forma importante en los ecosistemas debido a que tienen la capacidad de acumular agua, o al menos humedad, hojarasca, detritus y suelo, contribuyendo en forma importante en los ciclos de nutrientes, estableciendo características muy particulares, para la existencia de una fauna asociada y una mayor diversidad de artrópodos (Murillo *et al.*, 1983; Palacios-Vargas, 1981., Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2002; Lindo & Winchester., 2008; Winchester *et al.*, 2008).

1.3 Los colémbolos en el dosel

Si bien los colémbolos no constituyen uno de los grupos más diversos de artrópodos, sí representan uno de los más dominantes en términos de abundancia, lo que los hace muy importantes en los procesos de descomposición e integración de materia orgánica que se realiza en el dosel (Kitching *et al.*, 1993; Guilbert *et al.*, 1995; Castaño- Meneses *et al.*, 1995; Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2002).

Los patrones de distribución de los colémbolos en el dosel varían tanto espacial como temporalmente, generando una fuerte estratificación vertical, que se extiende desde el suelo del bosque hasta la cubierta superior (Rodger & Kitching, 1998), dependiendo de la disponibilidad de recursos. Muchas especies comparten el hábitat, lo que sugiere que la migración vertical es un proceso importante en la construcción de comunidades arbóreas (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2003; Rodger & Kitching, 1998; Yoshida, & Hijii, 2005).

Sin embargo, hay algunas especies que están restringidas al entorno del dosel, principalmente porque están asociadas a las plantas epífitas (Bretfeld, 1994; Palacios-Vargas & González, 1995; Castaño-Meneses & Palacios-Vargas, 2011).

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COLÉMBOLOS

Los colémbolos son artrópodos pequeños que llegan a medir de 250 micrones hasta 17 mm.de longitud (Palacios-Vargas *et al.*, 1998).Tienen el cuerpo cubierto de sedas, tricobotrias, y algunos poseen escamas que protegen al organismo de la pérdida de agua y de la deshidratación (Vázquez & Palacios-Vargas, 2004).Sus cuerpos pueden presentar patrones complicados de coloración donde predominan los colores azul, morado o blanco, sin embargo también existen especies sin pigmento o transparentes (Palacios-Vargas., 1990; Vázquez & Palacios-Vargas, 2004).

El cuerpo de los colémbolos (Fig. 2) está dividido en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza presenta un par de antenas divididas en cuatro artejos, carecen de ojos compuestos, presentando un máximo de ocho omatidios u ocelos de cada lado de la cabeza, aunque algunas especies son ciegas o presentan reducción de ojos, son entognatos, es decir, que las mandíbulas y las maxilas se encuentran en el interior de la cavidad cefálica. El tórax está dividido a su vez en tres segmentos, con tres pares de patas articuladas: precoxa, coxa,

trocanter, fémur y tibiotarso, el último artejo de las patas termina en una uña llamada unguis o unguis. El abdomen está formado por seis segmentos. Algunas veces los segmentos abdominales pueden fusionarse, haciendo difícil de observar los límites intersegmentarios.

Los colémbolos se definen por una característica particular, que todos ellos comparten, un tubo ventral llamado colóforo, que consiste en un saco eversible en la parte ventral de abdomen, derivado de un par de apéndices del primer segmento abdominal. Este tubo ventral es una estructura de paredes delgadas que se ha desarrollado para el intercambio de fluidos, importante en la regulación hídrica, así como para la osmorregulación, que les permite también adherirse a superficies lisas o resbalosas (Cutz- Pool & Vázquez-González, 2012; Palacios-Vargas, 2000).

El nombre, Collembola, deriva del griego “cola” que significa pegamento, y “embolon”, que quiere decir, pistón, y fue utilizado por primera vez por Lubbock (1873). Además, la mayoría, pero no todos los colémbolos, pueden ser reconocidos por un apéndice bifurcado abdominal denominado fúrcula, un órgano que les permite saltar, que se encuentra en el lado ventral del cuarto segmento abdominal y generalmente se pliega debajo del cuerpo, en un lugar para su captura denominado retináculo, que se encuentra en el tercer segmento abdominal. La fúrcula es utilizada como resorte para saltar, se compone de un área anterior llamada “manubrio”, seguida de un par de estructuras denominadas “dentes” en la parte media, y en el extremo, una estructura tipo gancho llamado “mucrón”, pero hay muchas otras especies de colémbolos que han reducido la fúrcula, se ha convertido en una estructura vestigial o es totalmente ausente en algunas especies del suelo en algunos organismos que habitan en cavernas.

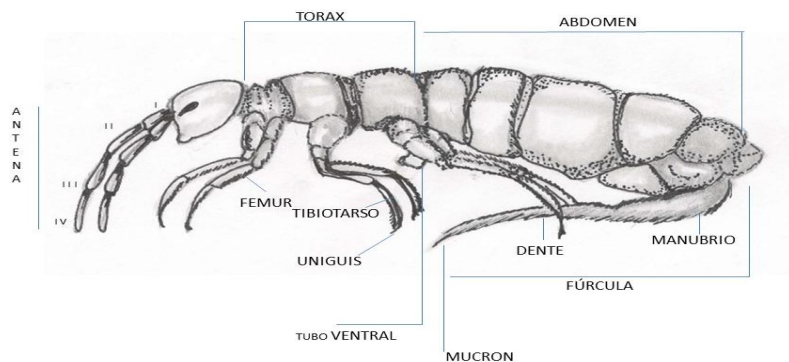


Figura. 2. Morfología general de un colémbolo (modificado de Oliva, A. 1993)

La fecundación se lleva a cabo mediante la formación de paquetes de espermias llamados espermatóforos (Cassagnau, 1971). Presentan el gonoporo en el quinto segmento abdominal. En algunos casos existe dimorfismo sexual donde los machos presentan modificaciones en las antenas para sujetarse a las hembras o bien ornamentaciones para atraer las hembras.

Incluso algunos grupos efectúan ciertos rituales de apareamiento (Babenko, 1988; Kozłowski & Aoxiang, 2006), o en el caso de la familia Entomobryidae, las principales diferencias sexuales son en los patrones de color, así como en la modificación de la abertura del genital, (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2009). Sin embargo, en los grupos en los que no hay apareamiento, el macho deposita el espermatóforo en el sustrato, y es tomado por la hembra. Pueden existir también algunas estructuras modificadas para poder cumplir esta función y aumentar las probabilidades de que haya éxito reproductivo. (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2009). Y en algunas ocasiones, estas características se pueden presentar sólo en la época de apareamiento (Palacios – Vargas *et al.*, 2000).

2.1 Hábitat

Los colémbolos son más abundantes en lugares húmedos, como la hojarasca, corteza de árboles, troncos en descomposición, hongos, nidos de insectos sociales, nidos de algunas aves y ciertos mamíferos, también han sido encontrados en zonas áridas, (Palacios-Vargas, 1990), siendo capaces de resistir altas temperaturas y baja humedad (Arbea & Blasco-Zumeta, 2001).

Se asocian igualmente a epífitas, litorales marinos, ambientes dulceacuícolas, desde el nivel del mar, e inclusive a grandes altitudes bajo hielos perpetuos, (Palacios-Vargas, 1990).

Aunque son más abundantes es en lugares sin alteraciones, su aporte a la biomasa total del suelo es muy pequeño, debido a su diminuto tamaño, así en ecosistemas templados su aporte va del 1 al 5%, en zonas árticas hasta del 10% y en los estados tempranos de sucesión, hasta de un 33% de la biomasa edáfica (Palacios-Vargas, 2000, Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2015).

En los ambientes naturales los colémbolos se alimentan de una gran variedad de recursos, tales como: bacterias, algas, líquenes, hongos, esporas de éstos, granos de polen,

de briofitas y pteridofitas y plantas en descomposición. Algunos de ellos son depredadores o necrófagos, alimentándose de nemátodos, ácaros (Castaño-Meneses *et al.*, 2004), se llegan a alimentar de sus propias mudas e incluso pueden alimentarse de otros colémbolos (Babenko, 1988; Cassagnau, 1971). Sin embargo, aquellos que viven siempre en el dosel, ingieren con mayor frecuencia granos de polen y esporas (Castaño-Meneses *et al.*, 2004). Algunos colémbolos, dependiendo de la época del año, también llegan a tener diferentes preferencias alimenticias e incluso pueden usar uno o más recursos. (Castaño-Meneses *et al.*, 2004).

Pocas especies son depredadoras y otras se han llegado a mencionar como plagas de cultivos tales (como alfalfa, hongos, tomate y caña de azúcar, (Palacios-Vargas, 2000). Los colémbolos representan uno de los grupos más abundantes en los suelos. Su principal contribución en el mismo es la regulación de la población de bacterias y hongos, afectando la dispersión de los mismos (Warnock *et al.*, 1982; Castaño-Meneses *et al.*, 2003; Palacios-Vargas, 2000). Pueden asociarse con algunos organismos, tales como hongos y plantas epífitas (Palacios-Vargas & Gómez- Anaya, 1993; Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2002). También pueden favorecer o suprimir su relación con micorrizas (Gange, 2000; Palacios-Vargas, & Castaño-Meneses, 1993). El papel de las epífitas para la mayoría de los colémbolos es de albergue o lugar de paso (Palacios-Vargas, 1981).

Los organismos del suelo son reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica, estableciéndose relaciones complejas entre los microartrópodos y la microflora. Esta simbiosis tiene como resultado una más eficaz degradación total de la materia orgánica; los colémbolos participan en la actividad microbiana de los suelos de varios modos: fraccionan y trituran los restos vegetales, participan directamente en la formación de sustancias húmicas (humus coprógeno). Además, sus heces estimulan el crecimiento de gérmenes microbianos. Participan en el control y dispersión de los microorganismos (Roger & Kitching, 1998).

2.2. Los colémbolos como indicadores

Existen fenómenos que promueven, aceleran y potencian modificaciones que es probable sean muy relevantes para la biología del dosel (Foggo *et al.*, 2001). Las actividades antropogénicas, como la sobreexplotación del hábitat, la deforestación, la contaminación y la introducción de especies exóticas, entre otras, están consideradas como

las principales fuerzas que conducen a cambios en la diversidad y composición de las comunidades naturales alrededor del mundo (Spooner, 2005; Mc Kinney, 2006; Roe *et al.*, 2006; Coates *et al.*, 2006).

Las comunidades de colémbolos han demostrado que la composición y abundancia de las especies varían en relación a los cambios de las condiciones y el estado sucesional de la vegetación y del suelo (Hermosilla, 1978; Ponge, 1993). Por ello, pueden ser útiles como indicadores biológicos, al medir la salud del ambiente, ya que tienen la capacidad de responder a cambios físicos y químicos y comportarse en forma positivamente o negativa en el ambiente (Cutz - Pool *et al.*, 2010; Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2015)

Teniendo en cuenta estas particularidades algunos autores como Delamare-Deboutteville. (1951), Gisin, (1955) y Palacios-Vargas, (1983^a), mencionan las características que hacen de los colémbolos apropiados como indicadores ambientales:

1. Son los animales más numerosos en el suelo, junto con los ácaros.
2. Se reproducen en cualquier época del año, sobre todo cuando las condiciones microclimáticas son adecuadas.
3. Su ciclo vital es muy corto, tan pronto como las condiciones se vuelven favorables, se nota su efecto inmediato sobre la población total.
4. Su respiración es cutánea, por lo tanto, dependen de las variaciones microclimáticas, particularmente de la humedad. También tienen un efecto importante en la comunidad natural, con cambios dinámicos que ocurren a través del tiempo.

De tal manera que todas estas características nos permiten establecer que los colémbolos pueden ser usados para conocer el impacto antropogénico e indicar el grado de sucesión (Najt, 1973; Hermosilla, 1978; Vegter *et al.*, 1983).

3. ANTECEDENTES

El municipio de Tlanchinol se encuentra al norte del estado de Hidalgo, su vegetación es principalmente bosque mesófilo de montaña, derivado de los cambios climáticos del Pleistoceno en el que se presenta una gran diversidad biológica. Desafortunadamente para este tipo de vegetación, en México actualmente sólo existen parches, producidos principalmente por la actividad del hombre, ya que la tala intensiva y la agricultura han

reducido y fragmentado la vegetación hasta llegar a representar menos del 1% del territorio nacional (Luna *et al.*, 1994, Luna & Alcántara, 2004)

Sin embargo este bosque es muy complejo en su origen, composición y fisonomía, debido a elementos tropicales y de zonas templadas que en él se pueden encontrar (Luna *et al.*, 1999). Se le considera como uno de los que posee mayor riqueza por unidad de superficie (Rzedowski, 1996).

En ese pequeño porcentaje de área que aún se conserva, se encuentra cerca del 12% de la flora total del país. Estos bosques son santuarios de especies amenazadas y contienen un alto porcentaje de endemismos, siendo uno de los ecosistemas más seriamente amenazados y en peligro de extinción (Challenger, 1998; Luna *et al.*, 2001).

Hidalgo es el tercer estado de la República Mexicana con mayor superficie ocupada por Bosque Mesófilo de Montaña (Luna *et al.*, 2000), después de Oaxaca y Chiapas (Ortega & Castillo, 1996), sin embargo, se encuentra seriamente amenazado y altamente fragmentado; no obstante contiene el 34% de la riqueza florística considerada para este tipo de vegetación en el país, y dentro del estado de Hidalgo, los bosques de Tlanchinol son los que se estiman como mejor conservados, ya que tienen una gran cantidad de especies endémicas y alta riqueza específica en distintos grupos florísticos y faunísticos.

Muchas áreas del bosque mesófilo de montaña de Tlanchinol han sido sometidas a una inmensa explotación a pesar de lo abrupto del terreno, aunque por su constitución montañosa y pendientes, limita ciertamente la actividad agrícola. Como consecuencia de las condiciones edáficas y climáticas favorables, se efectúa agricultura seminómada, representada principalmente por el cultivo del café, maíz, frijol, plátano y naranja. La ganadería está constituida básicamente por bovinos, ovinos y porcinos (Luna *et al.*, 1994). Además, por el crecimiento de la población a los alrededores, ha aumentado la tasa de deforestación del bosque.

Los colémbolos del dosel en México han sido estudiados tanto en bosques tropicales caducifolios, como bosques tropicales y bosques templados (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2003), pero no se tienen registros en el bosque mesófilo de montaña. Se ha encontrado que la fauna de colémbolos asociados al dosel es de gran importancia en los procesos de descomposición e integración de materia orgánica en los bosques y generalmente se les encuentra en abundancia en este ambiente (Palacios-Vargas *et al.*,

1998,1999; Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2002). Existen algunos trabajos realizados en Tlanchinol sobre algunos artrópodos, por ejemplo Pedraza *et al.* (2010) describen y comparan los arreglos de coleópteros de las temporadas de lluvias y sequía, pero no han se registran estudios de colémbolos en esta zona.

Para el estado de Hidalgo, se han realizado estudios dentro de las estaciones de lluvias y sequía entre el 2008-2009, encontrando una comunidad importante de colémbolos asociadas a bromeliáceas en el bosque mesófilo de montaña, (Palacios-Vargas *et al.*, 2012.)

Debido a la importancia del grupo y del dosel como frontera biótica y reservorio de una gran diversidad (Erwin, 1983), resulta de gran relevancia estudiar las comunidad de colémbolos asociados a este ambiente en el bosque mesófilo de montaña, por la gran diversidad es sabido alberga.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Estudiar la diversidad, riqueza y abundancia de la comunidad de colémbolos asociados al dosel en un bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo.

4.2 Objetivos particulares

- Estudiar la variación estacional en la comunidad de colémbolos asociados al dosel en un bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol Hidalgo.
- Comparar la composición, riqueza y diversidad de especies de colémbolos en el dosel del bosque mésofilo de montaña, con otros tipos de vegetación tanto en México como en el mundo.

5. JUSTIFICACIÓN

En la región de Tlanchinol, Hidalgo, se encuentra representada cerca del 11.5% de la riqueza florística del bosque mesófilo en México (Luna *et al.*, 1994). Los colémbolos del dosel en México han sido estudiados en bosque tropical caducifolio, bosque tropical y bosques templados; (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2003), pero no se tienen registros en el bosque mesófilo de montaña. Se ha encontrado que la fauna de colémbolos asociados al dosel es de gran importancia en los procesos de descomposición e integración

de materia orgánica en los bosques, y generalmente se encuentran en gran abundancia en este ambiente (Palacios-Vargas *et al.*, 1998, 1999, Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2002).

Siendo los colémbolos unos de los grupos más abundantes en el dosel, y dado que este proyecto constituye uno de los primeros estudios para estudiar la diversidad de microartrópodos en el dosel de un bosque mesófilo en México, es muy probable que la composición de especies en este ambiente difiera de lo que se ha encontrado en estudios previos realizados en bosques tropicales y templados.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1 Ubicación

El municipio de Tlanchinol, se encuentra en el norte del estado de Hidalgo, dentro de la Huasteca Hidalguense. Colinda al norte con el estado de San Luis Potosí, al sur con el municipio de Clanali, al este con Huazalingo y Huejutla y al oeste con Lolotla (Delgado & Márquez, 2006, Luna *et al.*, 1994).

La zona de estudio está ubicada a 1 km al norte del poblado de Tlanchinol, en un sitio denominado “La Cabaña”, situado en las coordenadas 21° 01.333’ - 21°01.57’ N - 98°38.557 - 98°38.732’W, a una altitud que va de los 1,462 a los 1,489 msnm (Fig. 3).

6.2 Geología.

Tlanchinol pertenece a la subprovincia del Carso Huasteco de la Sierra Madre Oriental, presenta una topografía accidentada, se caracteriza porque predominan sierras abruptas, cañones y lomeríos además de tener mesetas y valles, al este una planicie y al oeste unos llanos en un 90% constituida por pendientes mayores al 10% (Luna *et al.*, 1994).

En la zona de Tlanchinol, afloran las rocas más antiguas de México (Precámbrico) y junto con éstas, una serie completa de unidades estratigráficas que abarcan el Paleozoico superior (Pérmico), todo el Mesozoico y el Cenozoico (Luna *et al.*, 1994; INEGI, 1992).

La Provincia de la Sierra Madre Oriental está constituida por rocas sedimentarias, tanto continentales como marinas, algunas muy antiguas en función de las características estratigráficas y estructurales de la provincia. Sus suelos son arcillosos con una capa grande de materia orgánica en forma de humus, por lo que tienen un color oscuro. Las diferentes

asociaciones vegetales los proveen de grandes cantidades de humus, que a su vez los hace ricos en nutrimentos para las plantas (Luna *et al.*, 1994).

6.3 Hidrología

Tlanchinol se encuentra dentro de la región del río Pánuco y la cuenca del río Moctezuma, cruzando al municipio los ríos Tehuetlán, Santa María, Xalpan, Amajac y Quetzaltongo (SEDESOL 2002).

6.4 Clima

Presenta un clima semicálido húmedo, denotado por (A) C (fm) wb (i') g, según la clasificación de Köppen modificada por García (1981), que corresponde a un cálido subhúmedo. Se caracteriza por tener abundantes lluvias como resultado de la influencia de vientos húmedos y del efecto de los ciclones tropicales, durante los meses de mayo a septiembre con canícula, verano fresco y largo; es en general templado, con una temperatura media del mes más frío entre 3 y 18°C, una precipitación pluvial anual de 2,601 mm (Luna *et al.*, 1994; SEDESOL, 2002, CONABIO, 1997; García, 2004).

6.5 Vegetación

Se considera que los bosques mesófilos son una vegetación compleja respecto a su origen, composición, y fisonomía (Fig. 4); también se trata de un bosque con características geográficas y ecológicas muy variadas. Volgelmann, (1973), sustentó que las condiciones climáticas necesarias para la formación de este bosque son la temperatura moderada y la alta humedad atmosférica (Luna *et al.*, 1994);

Según Puig (1976), el bosque mesófilo de montaña está determinado por las condiciones bioclimáticas, más que por sus suelos ya que éstos son muy diversos tanto por su origen como por su evolución.

El área de estudio es un bosque mesófilo de montaña con árboles que alcanzan alturas entre los 30 y 35 m. (Rzendowzki, 1991; Luna *et al.*, 1994); los árboles más importantes son *Liquidambar macrophylla* Oerst., *Magnolia schiedeana* Schlecht., *Pinus greggii* Engelm. ex Parl., *P. patula* Schltdl. & Cham., *Quercus eugeniifolia* Liebm. *Q. sapotifolia* Liebm., *Q. sartorii* Liebm., y *Podocarpus reichei* J. Buchholz & N.E. Gray. La copa de los árboles es generalmente ovoide o redonda y está formada por follaje denso (Luna *et al.*, 1994).



Figura 3. Ubicación del área de estudio: **A.** mapa estatal de Hidalgo modificado de (SEDESOL. 2002), **B.** Mapa municipal del Área de estudio.



Figura 4. Vegetación característica del bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México.

7. MÉTODO.

7.1. Colecta.

Para estudiar la fauna de colémbolos en el dosel, se realizaron cinco fumigaciones en el área de estudio, durante la temporada de lluvias, entre los meses de julio, agosto y septiembre 2004, y dos en la temporada seca, en marzo y mayo de 2005.

Se utilizó un insecticida a base de piretrinas naturales y se aplicó usando una nebulizadora, entre las 4:00 y 6:00 hrs. de la mañana (Fig. 5).

El área de estudio fue aproximadamente de 400 m², se diferenciaron tres sitios en el área: a) Sitio de Borde, que era el más cercano al camino de acceso, b) Sitio Medio, que era el intermedio, ubicado a 100 m del Borde, y c) Sitio Interno, que constituyó el área mejor preservada, ubicada aproximadamente a 200 m en línea recta del Borde y a 100 m del sitio Medio.

En cada ocasión se utilizaron un total de 20 embudos que fueron colocados en cada área para capturar la fauna que cayera del dosel, los cuales fueron lavados después de 5 horas de la aplicación del insecticida con alcohol del 96%, para recuperar la fauna. (Fig.6)

Las muestras fueron revisadas bajo el microscopio estereoscópico, separando y contabilizando los colémbolos del resto de la fauna. Se realizaron preparaciones de algunos ejemplares en líquido de Hoyer, para su identificación. La identificación se realizó a nivel de morfoespecie y en algunas ocasiones se pudo llegar a especie.



Figura.5 Aplicación de insecticida a base de piretrinas naturales utilizando una nebulizadora.



Figura 6. Embudos de colecta utilizados en el área de estudio.

7.2 Análisis de datos.

Para calcular la diversidad se empleó el índice de Shannon (H'), Moreno & Halfter (2001) mencionan que comúnmente éste es el recomendado para muestras pequeñas debido a que ayuda a cuantificar la estructura de la comunidad. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

La equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno & Halfter, 2001).

Para realizar las comparaciones entre fumigaciones y sitios de colecta, se llevaron a cabo análisis de varianza no paramétrica de una vía mediante una prueba de Kruskal-Wallis. Los cálculos se realizaron con el programa STATISTICA ver 9.0 (Stat Soft, 2009).

Para calcular los índices de diversidad de Shannon (H') y equidad de Pielou (J'), se utilizó el programa de Biodiversity Pro ver. 2 (Mc-Alece, 1997). Se compararon los índices de Shannon entre sí, con el índice delta (δ).

8. RESULTADOS

Delas fumigaciones se obtuvieron un total de 5,267 colémbolos representados en 11 familias y 22 géneros (Cuadro1). Durante la época de lluvias fueron 4,377 (83%) colémbolos y de la seca se obtuvieron 890 (17%).

La mayor abundancia se presentó en la época de lluvias (83%), principalmente en el mes de septiembre (42 %) de 2004, mientras que durante los meses secos se colectó el 17 % del total de colémbolos (Figs.7- 8).

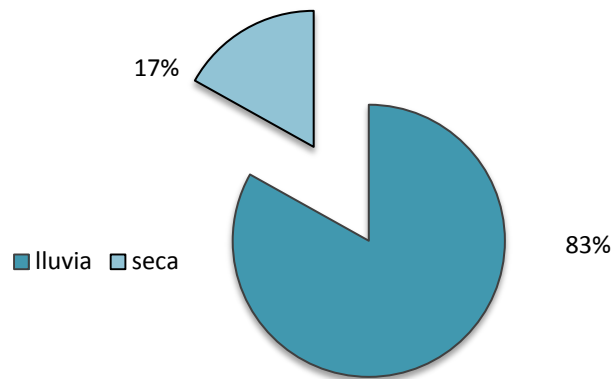


Figura: 7. Abundancia estacional de colémbolos en el dosel del bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México

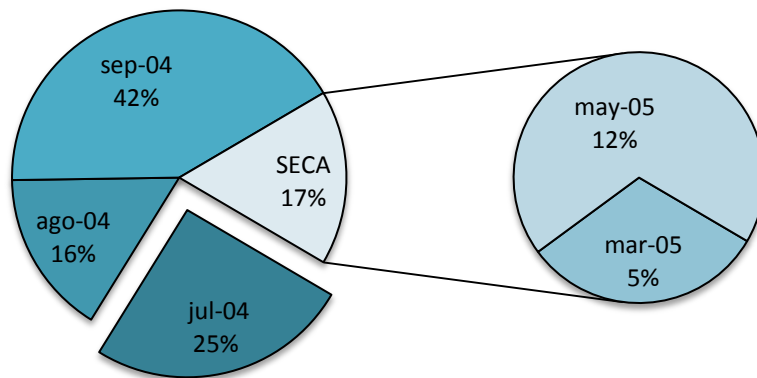


Figura: 8. Abundancia relativa de colémbolos en cinco fumigaciones realizadas en el dosel del bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México.

Cuadro 1. Abundancia estacional de colémbolos durante cinco fumigaciones, en el dosel de un bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México

TAXA	EPOCA DE LLUVIAS									EPOCA SECAS				TOTAL
	JUL-B	JUL-M	JUL-I	AGO-B	AGO-M	AGO-I	SEP-B	SEP-M	SEP-I	MAR-M	MAR-I	MAY-M	MAY-I	
NEANURIDAE														
<i>Friesea reducta.</i> , Denis, 1931.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Pseudachorutes</i> sp.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
BRACHYSTOMELLIDAE														
<i>Brachystomella</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
ODONTELLIDAE														
<i>Superodontella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
HYPOGASTRURIDAE														
<i>Schoettella distincta</i> Denis, 1931	4	18	51	23	2	3	6	22	8	1	1	2	-	141
<i>Xenylla</i> sp.	3	7	9	-	4	1	1	3	1	1	2	1	-	33
TOMOCERIDAE														
<i>Plutomorus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
ISOTOMIDAE														
<i>Folsomides</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Folsomina onychiurina</i> Denis, 1931	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Isotoma</i> sp.	2	10	9	-	1	1	1	13	2	1	-	-	-	40
<i>Proisotoma alticola</i> Loksa & Rubio, 1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
ENTOMOBRYIDAE														
<i>Entomobrya</i> sp.	2	1	24	4	4	2	4	-	3	-	-	-	4	48
<i>Heteromurus</i> sp.	-	1	4	-	1	-	1	3	-	-	-	1	-	11
<i>Lepidocyrtus</i> sp.	6	1	5	8	1	-	1	-	-	-	2	1	-	25
<i>Orchesella</i> sp.	1	38	15	8	10	3	7	38	8	1	-	11	2	142
<i>Willowsia mexicana</i> Zhang, Palacios – Vargas, Chen, 2007	62	323	350	73	85	65	239	247	359	67	172	502	71	2615
PARONELLIDAE														
<i>Salina</i> sp.	3	53	22	198	48	-	560	134	35	-	-	1	-	1054
SMINTHURIDIDAE														
<i>Sphaeridia</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
KATIANNIDAE														
<i>Sminthurinus</i> sp.	8	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	4	1	15
DICYRTOMIDAE														
<i>Dicyrtoma</i> sp.	0	214	75	100	44	125	185	206	105	-	31	-	-	1085
<i>Ptenothrix</i> sp.	3	4	3	6	12	7	1	3	3	-	-	-	-	42
TOTALES	100	670	567	420	212	207	1007	669	525	71	209	532	78	5267

. (B=borde, M = medio, I= interno)

En el sitio Interno se registraron 1,586 (30 %) ejemplares, la abundancia más alta se presentó en el sitio de Medio con 2,157(41%), y el valor más bajo fue en el sitio de Borde con 1,527 (29 %) ejemplares del total. (Fig. 9)

La mayor riqueza con un total de 15 especies, se presentó en el mes de julio en el área del Borde (Fig.10) y como mínimo, con 8 especies, fue registrado en el mes de agosto en el sitio Interno de la época de lluvias. Mientras que en la época seca no se encontraron registros en la parte del Borde, la mayor riqueza se presentó en el mes de mayo en la parte Media con 11 especies. El valor más bajo de la diversidad se registró en la parte Interna, encontrando solamente 4 especies.

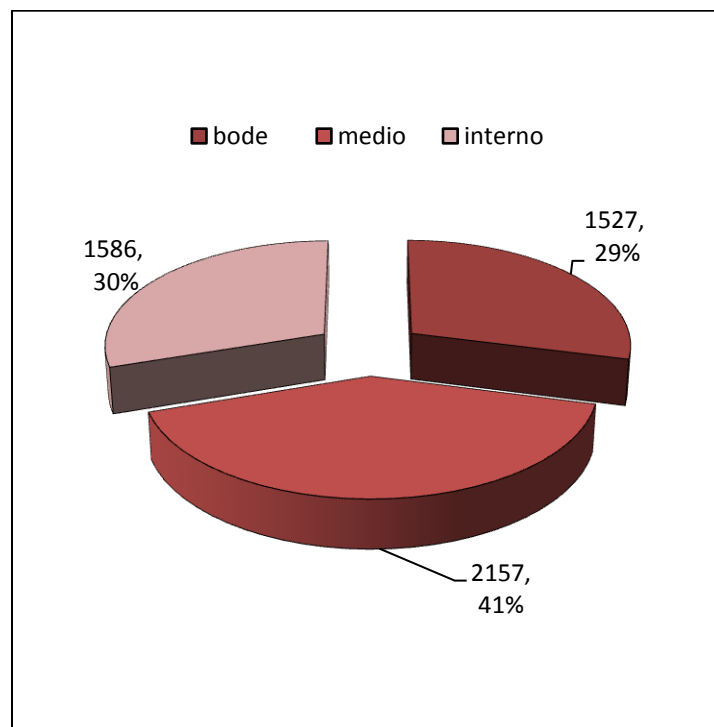


Figura 9. Abundancia relativa de los colémbolos de acuerdo a los sitios de colecta realizados en el dosel del bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México.

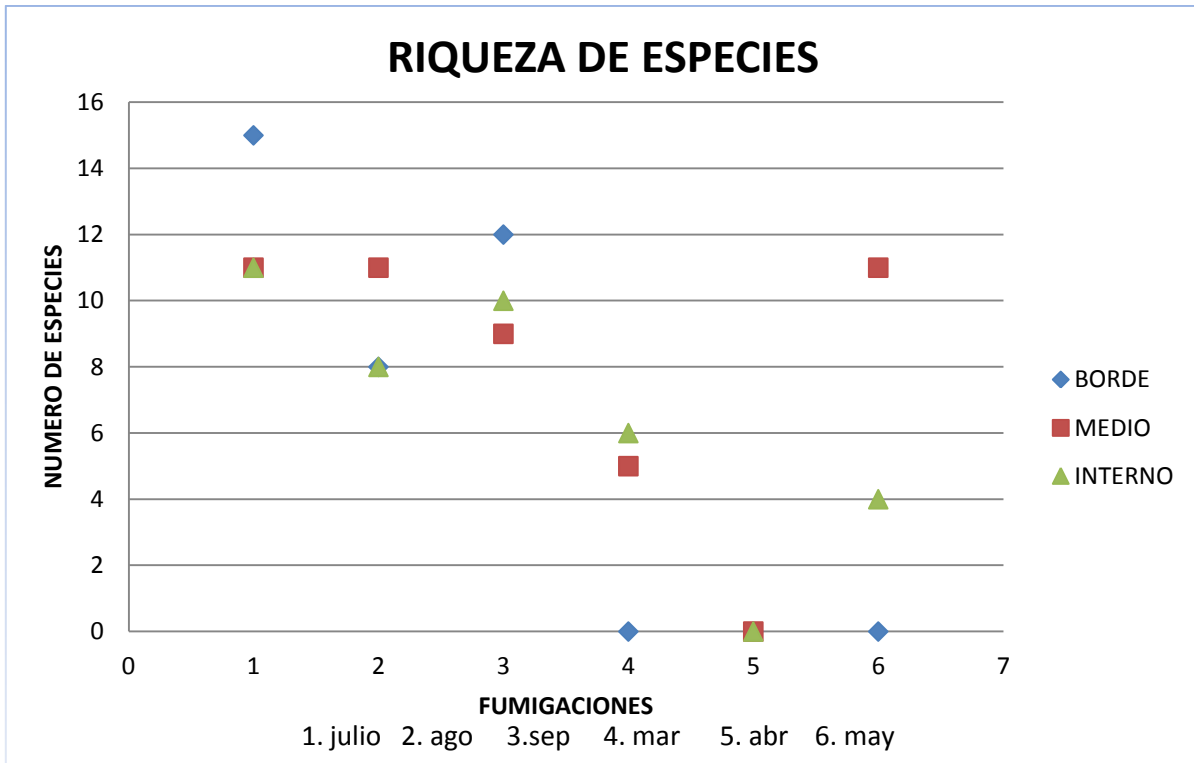


Figura 10. Riqueza de especies encontradas en la época de lluvias y época seca en cada uno de los sitios. (B= Borde, M = medio, I= interno)

Las comparaciones no paramétricas mediante la prueba de Kruskal-Wallis mostraron que; no se presentan diferencias significativas en la abundancia de colémbolos en las distintas fumigaciones realizadas ($H=5.2$; $gl=4$, $p>0.05$), es decir, que no se encontró una variación estacional. En el caso del sitio, (Borde, Medio e Interior) si se encontraron diferencias significativas entre las zonas ($H=7.2$; $gl=2$, $p<0.05$). La mayor riqueza fue en general en los sitios del Borde. De acuerdo al índice de diversidad de Shannon, éste fue mayor en la época de lluvias que en la época seca, también la mayor diversidad y equitatividad se presentó en el mes de agosto y septiembre, en el Borde y la parte Media (Cuadros 2 y 3).

De acuerdo con el índice delta (δ), no se encontraron diferencias significativas entre los valores del índice de diversidad entre los sitios de Borde y Medio ($\delta = 0.009$; $p > 0.05$), mientras que los valores registrados para el sitio Interno y los de Borde ($\delta = 0.16$; $p < 0.05$) y Medio ($\delta = 0.15$; $p < 0.05$), sí se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 2. Diversidad, riqueza y equitatividad estacional de la comunidad de colémbolos por temporada y sitio en el dosel de un bosque de *Liquidambar* en Tlanchinol, Hidalgo, México.

Índice	Lluvias	Secas	Borde	Medio	Interno
Riqueza	17	16	17	16	13
Diversidad de Shannon H'	0.649	0.21	1.30	1.32	1.18
Equitatividad de Pielou J'	0.527	0.174	0.472	0.479	0.46

Cuadro 3. Valores de riqueza de especies, índices de diversidad de Shannon (H'), y equitatividad de Pielou (J'), en tres sitios en el bosque mesófilo de Tlanchinol, Hidalgo, México.

	No INDIV	RIQUEZA	H'	EQUIT J'
Julio 2004 borde	100	15	1.576	0.582
Julio 2004 medio	676	11	1.446	0.603
Julio 2004 interior	567	11	1.3739	0.572
Agosto 2004 borde	420	8	1.4153	0.68
Agosto 2004 medio	212	11	1.605	0.669
Agosto 2004 interior	207	8	1.001	0.481
Septiembre 2004 borde	1007	12	1.107	0.445
Septiembre 2004 medio	669	9	1.477	0.672
Septiembre 2004 interior	525	10	0.993	0.431
marzo 2005 medio	71	5	0.294	0.183.
marzo 2005 interior	209	6	0.583	0.325
mayo 2005 medio	535	12	0.34	0.137
mayo 2005 interior	78	4	0.387	0.279

Las familias de colémbolos más abundantes encontradas en total de ambas épocas en el dosel del fueron: Entomobryidae: (*Entomobrya* sp., *Orchesella* sp., *Willowsia mexicana*), siendo *W. mexicana* la especie más abundante (2615 organismos), seguida de la familia Dicyrtomidae: con *Dicyrtoma* sp., (1085 organismos); Paronellidae: *Salina* sp., (1054 organismos); Hypogasturidae: (*Schoettella distincta* y *Xenylla* sp.) y las familias con menos individuos resultaron Brachystomellidae: *Brachystomella* sp., (1organismo) y Sminthurididae: *Sphaeridia* sp., (1 organismo).

Como puede observarse (Fig.11), las especies más abundantes en la época de lluvias fueron *Willowsia mexicana* que representó un 39 % del total, seguida de *Salina* sp. (28 %) y *Dicyrtoma* sp. (26 %). Durante la época seca se mantiene *Willowsia mexicana* con el 95% y *Dicyrtoma* sp, con el 3%, y *Orchesella* sp., con el 2% de la abundancia total. Como se puede observar, durante la temporada de secas, existe una mayor dominancia de *W. mexicana*.

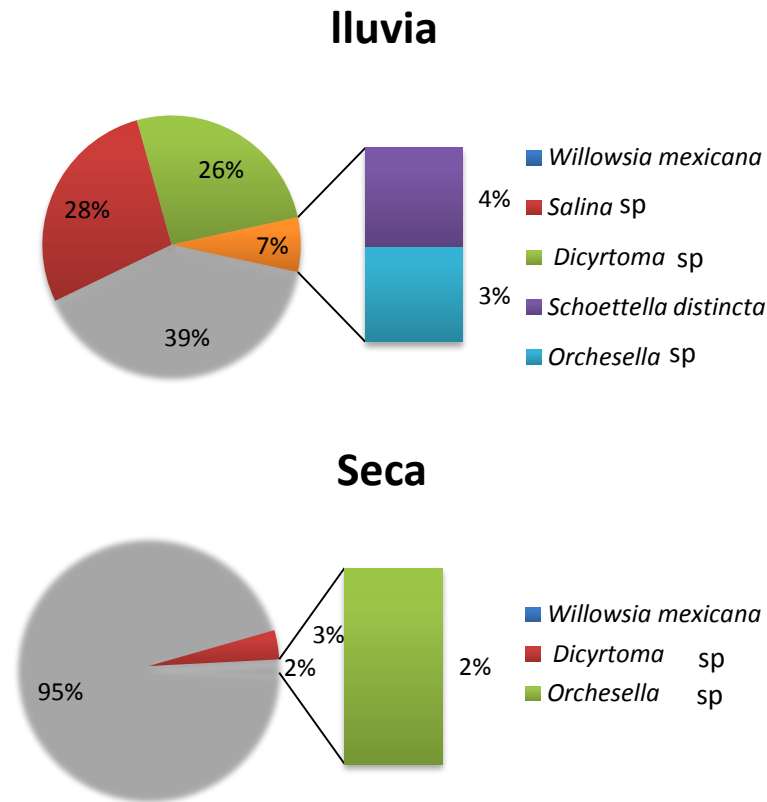


Figura. 11 Abundancia estacional de especies de Collembola

Sin embargo, en el Cuadro 1, podemos observar que aun cuando no hay una gran abundancia, *Schoetella* sp., y *Xenylla* sp., se encuentran presentes durante ambas épocas.

Las especies más abundantes en el sitio Medio e Interno fueron: *Willowsia mexicana* y *Dicyrtoma* sp., (Fig. 12). Mientras que en el sitio del Borde la especie más abundante fue *Salina* sp., seguida de *W.mexicana* (Fig. 13)

Hay especies que fueron encontradas exclusivamente en un sitio determinado. En el Borde: *Sphaerida* sp., *Folsomides* sp., *Folsomina onychiurina*, *Brachystomella* sp., y *Pseudachorutes* sp. En el sitio Medio fueron exclusivas: *Superodontella* sp., *Proisotoma alticola*, y *Plutomorus* sp. Mientras que *Friesea reducta*, fue encontrada solamente en el sitio Interno.

Con nuevos registros para el dosel del bosque mesófilo mexicano se tienen las especies: *Friesea reducta*, *Schoettella distincta*, *Plutomurus* sp., *Folsomina onychiurina*, *Isotoma* sp., *Orchesella* sp. y *Ptenothrix* sp.

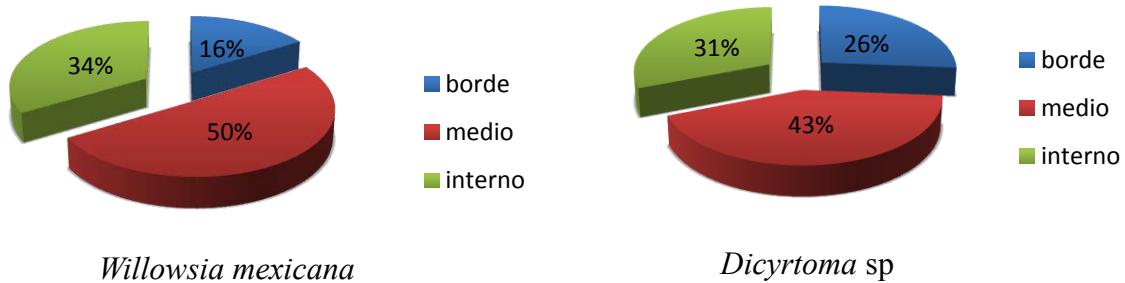


Figura 12. Especies abundantes con respecto al sitio medio e interno en Tlanchinol, Hidalgo.

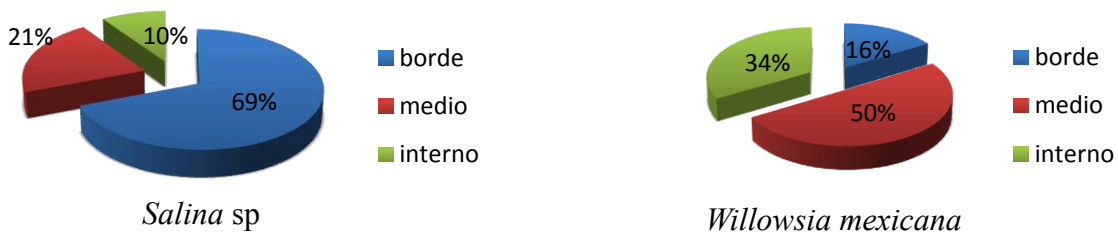


Figura 13. Comparación de la abundancia relativa de *Salina* sp y *Willowsia mexicana* en el sitio del Borde

9. DISCUSIÓN

La estacionalidad es un factor que puede afectar la presencia o ausencia de algunas especies, así como también la variación de la humedad. Guilbert., *et al.* (1995) en nueva Caledonia, y Rodger & Kitchin (1998) en Australia, señalan que la mayor población de colémbolos fue encontrada en la época de lluvias, y que en la época secas decrece la población. En México se ha visto también que la mayor abundancia de las especies se presenta durante la temporada de lluvias en el dosel de los bosques mexicanos. (Palacios–Vargas & Castaño–Meneses, 2003). Y en la época seca disminuye la población de colémbolos.

En Tlalchinol se tiene este mismo comportamiento, donde la abundancia de colémbolos es mayor en la época de lluvias mientras que en la época de secas la población disminuye notablemente, haciendo notar que la abundancia encontrada está por debajo de las reportadas en otros registros en un bosque tropical lluvioso Chajul (Chiapas) y las que se reportan en un bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco, (Palacios–Vargas & Castaño–Meneses, 2003), ésto se puede atribuir probablemente a la gran variabilidad que haya entre las muestra que pudo afectar la composición y abundancia de los colémbolos, ya que hay pocos individuos.

Sin embargo, comparando la riqueza del bosque de liquidámbar en Tlalchinol (Hidalgo) y el bosque tropical caducifolio en Chamela (Jalisco), en Tlalchinol se registraron 22 especies, mientras que en el bosque caducifolio reportan 19 especies, compartiendo solamente 8 géneros entre ellos: *Xenylla.*, *Brachystomella*, *Pseudachorutes*, *Entomobrya*, *Lepidocyrtus*, *Salina*, *Sminthurinus*, *Sphaeridia*. (Cuadro 4). La riqueza que se reporta en el bosque tropical de Chajul (Chiapas), es de 26 especies, de los cuales comparte 10 géneros y una especie: *Pseudachorutes*, *Brachystomella*, *Folsomides*, *Entomobrya*, *Lepidocyrtus*, *Salina*, *Sphaeridia*, *Sminthurinus*, *Dicyrtoma* y *Ptenothrix* y *Willowsia mexicana.*, (Cuadro 4).

Los géneros que se comparten entre los tres tipos de bosque, mesófilo (Tlalchinol), bosque tropical caducifolio (Chamela) y el bosque tropical (Chajul) son: *Pseudachorutes*, *Brachystomella*, *Entomobrya*, *Lepidocyrtus*, *Salina*, *Sphaeridia*, *Sminthurinus*.

Las colémbolos más comunes que se encuentran en el dosel de los bosques de México, son de los géneros *Salina*, *Sminthurinus*, *Lepidocyrtus*, *Pseudisitoma*, *Schoettella*, *Xenylla* y *Sphaeridia* (Palacios–Vargas & Castaño–Meneses, 2003), los cuales también están representados en el bosque mesófilo de Tlalchinol, Hidalgo

Cuadro 4. Comparación de especies de colémbolos presentes en el dosel de tres tipos de bosques en México, Mesófilo (Tlanchinol Hidalgo), tropical caducifolio (Chamela, Jalisco) y tropical (Chajul, Chiapas).

TAXA	Tlanchinol		Chamela		Chajul
	lluvia	seca	lluvia	Seca	
NEANURIDAE					
<i>Friesea reducta</i>	X				
<i>Pseudachorutes</i> sp.	X		X	X	X
BRACHYSTOMELLIDAE					
<i>Brachystomella</i> sp.	X		X	X	X
HYPOGASTRURIDAE					
<i>Schoettella distincta</i>	X				
<i>Xenylla</i> sp.	X		X	X	
ISOTOMIDAE					
<i>Folsomides</i> sp.	X				X
<i>Isotoma</i> sp.	X				
<i>Proisitoma alticola</i> .	X				
ENTOMOBRYIDAE					
<i>Entomobrya</i> sp.	X		X	X	X
<i>Lepidocyrtus</i> sp.	X		X	X	X
<i>Willowsia mexicana</i>					X
PARONELLIDAE					
<i>Salina</i> sp.	X	X	X	X	X
SMINTHURIDIDAE					
<i>Sphaeridia</i> sp.	X		X	X	X
KATIANNIDAE					
<i>Sminthurinus</i> sp.	X		X	X	X
DICYRTOMIDAE					
<i>Dicyrtoma</i> sp.	X				X
<i>Ptenothrix</i> sp.	X				X

10. CONCLUSIONES

La estacionalidad es un factor significativo que afecta la abundancia y composición en el bosque de liquidámbar, ya que la mayor abundancia la encontramos en la estación de lluvias.

Las especies más comunes que se encuentran en los bosques mexicanos son los géneros *Salina*, *Sminthurinus*, *Lepidocyrtus*, *Pseudoisotoma*, *Schoettella*, *Xenylla* y *Sphaeridia*. (Palacios–Vargas, & Castaño–Meneses, 2003), encontrándose en la composición del dosel del bosque de liquidámbar.

Los sitios medio y borde registraron la mayor diversidad y riqueza de especies, y comparten más especies entre ellas que con el sitio interno. Así como también en el sitio medio y en el borde con más especies con hábitos cosmopolitas, encontramos que el borde tiene una influencia significativa en la composición de la comunidad de colémbolos del dosel donde se presentó la mayor parte de los individuos.

Se registras 4 géneros por primera vez en el dosel de México, así como tres especies: *Friesea reducta*, *Schoetella distincta*, *Folsomina onychiurina*, *Plutomorus*, *Isotoma*, *Orchasella*, *Ptenotrix*.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Arbea, J. I. & J. Blasco-Zumeta. 2001. Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España) *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28: 35 - 48.
2. Babenko., A.B. 1988. Clave para la determinación de Colémbolos de la Unión Soviética. *Nauka*, Moscú. 213 pp.
3. Baev, P. V. & L. D. Penev. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Version 5.1. *Pensoft, Sofia - Moscow*, 57 pp.
4. Basset, Y., V. Horlyck, & J. Wright. 2003a. Forest canopies and their importance. *In*: Basset, Y., Horlyck, V., Wright, J. (Eds.). *Studying Forest Canopies from Above: The International Canopy Crane Network*. Smithsonian Tropical Research Institute and UNEP, Panama 27–34, pp
5. Basset Y, V. Novotny, S.E. Miller, & R.L. Kitching. (Eds.). 2003 b. Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. Cambridge University Press, Cambridge, Vii, 474 pp.
6. Basset, Y., L. Cizek, P. Cuénoud, R.K. Didham, F. Guilhaumon, O. Missa, V. Notvony, F. Odegaard, T. Roslin, J. Schmidl, A.K. Tishechkin, N.N. Winchester, D.W. Roubik, H-P. Aberlenc, J. Bail, H. Barrios, J.R. Bridle, G. Castaño-Meneses, B. Corbara, G. Curletti, W.Duarte da Rocha, D. De Bakker, J.H.C. Delabie, A. Dejean. L.L. Fagan, A. Floren, R.L. Kitching, E. Medianero, S.E. Miller, E. Gama de Oliverira, J. ORivel, M. Pollet, M. Rap, S.P. Ribeiro, Y. Roisin, J.B. Schmidt, L. Sorensen& M. Leponce. 2012. Arthropoddiversity in a tropical forest. *Science* 338: 1481-1484.
7. Behan-Pelletier, V. & N. Winchester. 1998. Arboreal oribatid, mites diversity: colonizing the canopy. *Applied Soil Ecology*, 9: 45-51.
8. Bretfeld, G. 1994. *Sturmius epiphytus* n. gen. n. spec. from Colombia, a taxon of the Symphypleona (Insecta, Colembola) with than unexpected character combination. Description and position in non-Linnean and Linnean classifications of the Symphypleona. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 32, 264–281.

9. Cassagnau, P. 1971. La phylogénie des Collemboles à la lumière des structures endocrines rétro-cérébrales. I Simposio Internacional Zoolfilogenia Salamanca: Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. (pp. 333–349).
10. Castaño-Meneses, G., Y. G. Basset., N.N. Winchester., H. Barrios., 1995. Springtails (Hexapoda: Collembola) from the forest canopy in San Lorenzo, Colon, Province, Panamá, *Entomología Mexicana*. 5, tomo 1: 480-496
11. Castaño-Meneses, G., J.G. García-Franco & J.G. Palacios-Vargas.2003. Spatial distribution patterns of *Tillandsia violacea* (Bromeliaceae) and support trees in altitudinal gradient from temperate forest in Central México. *Selbyana*, 24: 71 – 77
12. Castaño-Meneses, G., J.G. Palacios-Vargas & L.Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, 75: 135-142.
13. Castaño-Meneses, G. & J.G. Palacios-Vargas. 2011. A new species of the family Stumiidae (Collembola: Symphypleona) from Panama. *Zootaxa*, 2923: 59-66.
14. Coates, F., I. D. Lunt & R. L. Tremblay. 2006. Effects of disturbance on population dynamics of the threatened orchid *Prasophyllum correctum* D.L. Jones and implications for grassland management in the south-eastern Australia. *Biological Conservation* 129:59–69.
15. CONABIO. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad– Estadigrafía. 1997. Mapas de climas. F047.
16. Cruz-Angon, A., M. Baena & R. Greenberg. The contribution of epiphytes to the abundance and species richness of canopy insects in a Mexican coffee plantation, *Journal of Tropical Ecology*, 25:453–463.
17. Cutz-Pool L.Q., & M.M. Vázquez-González. 2012. Colémbolos (Hexapoda:Collembola): pequeños artrópodos abundantes y diversos en Quintana Roo, México.*Dugesiana*,19: 105-111.
18. Cutz-Pool, L.Q., G. Castaño-Meneses, J.G. Palacios-Vargas & Z. Cano-Santana. 2010; Distribución vertical de colémbolos muscícolas en un bosque de *Abies religiosa*. Del Estado de México, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 457- 463.

19. Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto de Biología UNAM. Agrupación Sierra Madre, México.
20. Delamare-Deboutteville, C. 1951. Microfaune du sol des paystempérés et tropicaux. *Vie et Milieu, Supplement*.
21. Delgado L. & J. Márquez. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México, *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 22: 57-108
22. Erwin, T.L. 1983. Tropical forest canopies: the last biotic frontier. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 30: 14-19.
23. Erwin, T.L. 1988. The tropical forest canopy: The heart of biotic diversity. In: Wilson, E.O. (Ed.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 123-129
24. Erwin, T.L. (1991). How many species are there? Revisited: *Conservation Biology*, 5: 1-4.
25. Erwin, T.L. 1995. Measuring arthropod biodiversity in the tropical forest canopy. In: Lowman, M.D. & N.M. Nadkarni (Eds.). *Forest Canopies*, Academic Press, San Diego. pp. 109-127
26. Foggo A., CM.P. Ozanne, M.R. Speight & C. Hambler. 2001. Edge effects and tropical forest canopy invertebrates. *Plant Ecology*, 153:347-359
27. Gange, A. 2000. *Arbuscular mycorrhizal fungi*, Collmbola and plants growth. *Trends in Ecology & evolution* 15:369-372
28. García, E. 1981 *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, UNAM.México.252p.
29. García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, 5ª edición, Serie Libros Núm. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 90 p.
30. Gisin, H. 1955. Recherches sur la relation entre la faune endogè de Collemboles et les qualiteé sagrologiques de sols viticoles. *Revue suisse de Zoologie*, Bd.62: 601-648.
31. Guilbert, E., M. Baylac & J.Najt. (1995) Canopy Arthropd Diversity in a New Caledonian Primary forest sampled by fogging. *Pan. Pacific. Entomologist* 71:3-12

32. Hamilton, A.J., Y. Basset, K.K. Benke, P.S. Grimbacher, S.E. Miller, V. Novotný, G.A. Samulson, N.E. Stork, G.D. Weiblen & J.D.L. Yen. 2010. Quantifying uncertainty in estimation of tropical arthropod species richness. *The American Naturalist*, 176: 90-95.
33. Hermosilla, W. 1978. Evolución mesofaunística de una sucesión ecológica secundaria antrópica, *Brenesia*,: 14-15: 267-277.
34. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México. 134 p.
35. Kitching R.L., J.M. Bergelson, M.D. Lowman, S. McIntyre & G.Carruthers.1993. The biodiversity of arthropod rain forest canopies general introduction, method sites and ordinal result. *Australian Journal of Ecology*,.18:181-191
36. Kozłowski, M.W. & S Aoxiang. 2006. Ritual behaviors associated with spermatophore transfer in *Deuterostminthurus bicinctus* (Collembola: Bourletiellidae). *Journal of Ethology*, 24:103-109,
37. Lindo, Z. & N.N. Winchester, 2008. Scale dependent patterns in arboreal and terrestrial oribatidmite (Acari: Oribatida) communities. *Ecography*. 31: 53-60.
38. Luna. I. & O. Alcántara. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. pp. 169–192. In: Luna, I., J.J. Morrone & D. Espinosa (Eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) – UNAM, México, D.F.
39. Luna, I., S .Ocegueda & O. Alcántara. 1994, Florística y notas biogeográficas del Bosque Mesófilo de Montaña del municipio de Tlanchinol Hidalgo México *Anales. Instituto de Biología. UNAM, Serie Botánica*. 65: 31 -62.
40. Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa & J.J. Morrone.1999. Historical relationships of the Mexican cloud forest: A preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography*, 26: 1299-1306.
41. Luna, I., O.Alcántara, J. J. Morrone & D. Espinosa, 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions*, 6: 137–143
42. Luna, I., J. J. Morrone, O. Alcántara& D. Espinosa, 2001. Biogeographical affinities among Neotropical cloud forests. *Plant Systematics and Evolution* 228: 229-239.

43. Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. *Princeton University Press*, Pinceton, N. J. New Jersey. 179 p.
44. Mc Aleece, N. 1997. Biodiversity Professional beta. Version 2.0 The Natural history Museum and Scottish Association for Marin Science.
45. Mc kinney, M. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127:247–260.
46. Moffett, M.W.& M.D.Lowman,1995. Canopy Access Techniques. In: Lowman M.D, N.M. Nadkarni. (Eds) *Forest canopies. Academic Press*, New York, pp 3–26
47. Moreno, C. E. & G. Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of the, β , and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*.10: 367-382.
48. Murillo, R.M. J.G. Palacios, J.M. Labougle, E.M. Hentschel, J.E. Llorente, I. Luna, P. Rojas & S. Zamudio. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp. en una zona de transición Biótica. *The South western Entomologist*, 8: 292-302.
49. Nadkarni, N.M. 1995. Good-bye, Tarzan. The science of life in the treetops gest down to business. *The Sciences*, January/Februray: 28-33.
50. Najt, J. 1973. Algunos conceptos sobre la biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA Suplemento Forestal* 29: 97-105.
51. Oliva,O. 1993. Entomología Forense en la Argentina: 39-44
52. Ortega, F. & G. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*, 43: 32-39.
53. Ozanne, C.M.P. D. Anhuf, S.L. Boulter, M. Keller, R.L. Kitching, C. Körner, F.C. Meinzer, A.W. Mitchell, T. Nakashizuka, P.L. Silva, N.E. Stork, S.J. Wright & M. Yoshimura. 2003. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. *Science*, 301: 183-186.
54. Palacios- Vargas, J.G. 1981. Collembola asociados a *Tillandsia* (Bromeliaceae) en el derrame del Chichinautzin, Morelos, México. *The Southwester,Entomologist*. 6:87 -98
55. Palacios- Vargas, J.G. 1990. Diagnosis y clave para determinar las familias de Collembola de la región Neotropical. *Facultad de Ciencias. UNAM.*, 1-15 pp.

56. Palacios-Vargas, J.G. 2000. Los Collembola en ecosistemas mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Biodiversitas*, 29:12-15
57. Palacios- Vargas, J.G. & V. González. 1995. Two new species of *Deuterostminthurus* (Bourletiellidae), epiphytic Collembola from the neotropical region with a key for the American species. *Florida Entomologist*. 78: 19-32.
58. Palacios- Vargas, J.G & G. Castaño-Meneses. 2002. Collembola associates with *Tillandsia violacea* (Bromeliaceae) in Mexican *Quercus-Abies* forests. *Pedobiologia*, 46: 395-403
59. Palacios-Vargas, J.G. & G. Castaño-Meneses. 2003. Seasonality and community composition of springtails in Mexican forest. *In*: Basset, Y., V. Novotny, S.E. Miller & R.L. Kitching (Eds.). *Arthropods of tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 159-169.
60. Palacios-Vargas, J.G. & G. Castaño-Meneses. 2009. Importance and evolution of sexual dimorphis in different families of Collembola (Hexapoda). *Pesquisa Agropecuária Brasileria*, 44: 959-963.
61. Palacios Vargas J.G. & J.A. Gómez-Anaya. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México. (Distribución ecológica y claves). *Folia Entomológica Mexicana* 89: 1-34.
62. Palacios-Vargas, J.G. & G. Castaño-Meneses. 2015. Los colémbolos (Arthropoda: Hexapoda) como bioindicadores. *In*: González Zuarth, C.A., A. Vallarino, J.C. Pérez Jiménez & A.M. Low Pfeng (Eds.). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. El Colegio de la Frontera Sur- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. pp. 291-307
63. Palacios Vargas, J.G, .G Castaño- Meneses & A Gómez- Anaya. 1998. Collembola from de canopy of tropical deciduous Forest *Pan –Pacific Entomologist*, 74:47-54.
64. Palacios Vargas J.G. G. Castaño- Meneses & B.E. Mejía-Recamier., 2000 Collembola, *In* Llorente-Bousquets, J.E. González-Soriano & N Papavero (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos en México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Tomo I. UNAM – Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), México. pp. 249-271

65. Palacios-Vargas, J. G., G. Castaño-Meneses & A. Pescador. 1999. Phenology of canopy arthropods of a tropical deciduous forest in western Mexico. *Pan-Pacific Entomologist*, 75: 200-211.
66. Palacios-Vargas, J. G., C.T. Hornung-Leoni & I. Garrido. 2012. Collembola in epiphytic bromeliads (*Tillandsia imperialis*: Bromelaceae) from Hidalgo, México and description of new *Sminthrinus* (Collembola: Katianidae). *Brenesia*, 78:58 -64.
67. Pedraza, M.C., J. Márquez, & J. A. Gómez-Anaya. 2010. Estructura y composición de los ensamblajes estacionales de coleópteros (Insecta: Coleoptera) del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo, México, recolectados con trampas de intercepción de vuelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 437-456.
68. Peet R.K. 1974 Measurement of species diversity. *Anual reviw of Ecology and Systematics*. 5: 285 – 307
69. Prinzing, A. 2005. Corticolus arthropods under climatic fluctuations: compensation is more important than migration, *Econography*, 28: 17-28
70. Prinzing A. & H.P. Wirtz. 1997. The epiphytic lichen, *Evernia prunastri* L., as a habitat for arthropods: shelter from desiccation, food-limitation and indirect mutualism's. In Stork, N., J. Adis & R Didham (Eds). *Canopy arthropods*, Chapman & Hall, London. 477-496pp
71. Ponge, J.F., 1993. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems, *Pedobiologia* 37: 223-244.
72. Puig, H. 1976. *Végétation de la Huasteca, Mexique*. Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique. México, D.F. 531 pp.
73. Rodgers, D.J. & R.L. Kitching. 1998. Vertical stratification of rainforest collembolan (Collembola: Insecta) assemblages: description of ecological patterns and hypotheses concerning their generation. *Ecography* 21: 392-400)
74. Roe, J., J. Gibson & B. Kingbury. 2006. Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes. *Biological Conservation* 130:161–168.
75. Rzedowski, J., 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35: 25-44.
76. SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 2002. Municipios de Hidalgo. Tlanchinol. Secretaría de Desarrollo Social, Pachuca, Hidalgo.

77. Statsoft, 2009. Statistical user guide: complete statistical system StatSoft. Oklahoma
78. Southwood, T.R.E. 1978. The components of diversity. In: Diversity of Insect Faunas (ed. L.A. Mound and N. Waloff). *Symposia of the Royal Entomological Society No.9*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 19-40
79. Spooner, P. 2005. Response of Acacia species to disturbance by roadworks in roadside environments in southern New Wales, Australia. *Biological Conservation* 122:231–242.
80. Stork, N. 1988. Insect: diversity: facts, fiction, and speculation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 35: 321-337
81. Stork, N. 1993. How many species are there? *Biodiversity and Conservation*, 2: 215-232.
82. Stork, N. E., R. K. Didham & J. Adis. 1997. Canopy arthropod studies for the future p. In: Stork, N.E., J.A. Adis., & R. K Didham (Eds.). *Canopy Arthropods*. London: Chapman & Hall. pp. 551-561
83. Vázquez, M. M. y J. G. Palacios-Vargas. 2004. Catálogo de los Colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Universidad de Quintana Roo. 123.
84. Vegter, J. J.; Joosse, E. N. G.; Ernsting, G. 1988. Community structure, distribution and population dynamics of Entomobryidae (Collembola). *Journal of Animal Ecology*, 57 (3): 971-981.
85. Vogelmann H.W. 1973. Fog precipitation in the cloud forests of eastern Mexico. *Bioscience* 23 (2): 96-100.
86. Walter, D.E. 1996. Living on leaves: mites, tomenta, and leaf domatia. *Annual Review of Entomology*, 41: 101-114.
87. Walter, D.E., D. O'Dowd & V. Barnes. 1994. The forgotten arthropods: foliar mites in the forest canopy. *Memoirs of the Queensland Museum*, 36: 221-226.
88. Walter, D.E. & V. Behan-Pelletier. 1999. Mites in the forest canopies: filling the size distribution shortfall? . *Annual Review of Entomology*, 44: 1–19.
89. Walter, D. E., O'Dowd, D. & Barnes, V. (1994). The forgotten arthropods: foliar mites in the forest canopy. *Memoirs of the Queensland Museum* 36, 221-226.

90. Warnock, A. J., B.H. Fitter & M. B. Usher. 1982. The influence of springtail, *Folsomina candida* (Collembola; Hyposgatruridae), on the mycorrhizal association of leek, *Allium porum*, and the vesicular – arbuscular mycorrhizal endophyte, *Glomus fasciculatus*. *New Phytologist* 90: 285 -292.
91. Winchester, N.N., V.M. Behan-Pelletier & R.A. Ring, 1999. Arboreal specificity, diversity and abundance of canopy-dwelling oribatid mites (Acari: Oribatida). *Pedobiologia* 43, 1-10.
92. Winchester, N.N., Z.Lindo & V.M. Behan-Pelletier, 2008. Oribatid Mite Communities in the Canopy Montane *Abies amabilis* and *Tsuga heterophylla* trees on Vancouver Island, British Columbia *Entomological Society of America*, 3:2. 464 - 470
93. Yoshida, T. & N. Hijii. 2005. Vertical distribution and seasonal dynamics of arboreal collembolan communities in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. *Pedobiologia* 49: 425-434).