



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

Facultad de Ciencias

Estudio taxonómico de ciliados epibiontes
(Peritrichia y Suctorina) de insectos acuáticos de
subcuencas endorreicas de la Faja Volcánica
Transmexicana

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

LAURA ANDREA ABELA POSADA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ROSAURA MAYÉN ESTRADA

México, D.F.

MAYO, 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ
Director General
Dirección General de Administración Escolar
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Estudio taxonómico de ciliados epibiontes (Peritrichia y Suctorina) de insectos acuáticos de subcuencas endorreicas de la Faja Volcánica Transmexicana

realizado por **Abela Posada Laura Andrea** con número de cuenta **3-0462790-5** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario	Dr. Atilano Contreras Ramos	
Propietario	Biól. Margarita Reyes Santos	
Propietario Tutora	Dra. Rosaura Mayén Estrada	
Suplente	Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses	
Suplente	Dra. Elvia Manuela Gallegos Neyra	

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "
 Ciudad Universitaria, D. F., a 30 de enero de 2013
EL JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/mdm



AGRADECIMIENTOS TÉCNICOS

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (DGAPA-PAPIIT-UNAM), Proyecto IN229811, por la beca otorgada para la realización de la presente tesis.

A la Dra. Rosaura Mayén Estrada por dirigir mi tesis, por enseñarme a identificar peritricos y suctores y por sugerirme como tesista becario de PAPIIT.

Al Dr. Atilano Contreras Ramos por sus valiosas correcciones en mi tesis.

A La Dra. Gaby Castaño Meneses por sus valiosas aportaciones a la corrección de mi tesis.

A la Dra. Elvia Gallegos Neyra por los buenos diálogos durante las correcciones de la tesis.

A la Biól. Margarita Reyes Santos por enseñarme pacientemente las técnicas, especialmente la de protargol de Foissner.

Al equipo de personas que me ayudaron a recolectar durante las prácticas de campo: Dr. Rogelio Aguilar Aguilar, M. en C. Marisela Vicencio, Margarita Reyes S. a los P. de B. Xóchitl M. Ventura Barrera, Carlos A. Rosas Sánchez y Alma G. Islas Ortega, adicionalmente, a la Biól. Eleonor Cortés López y a Carlos A. Rosas Sánchez por la toma de fotografías de los sitios de las recolectas.

Al Dr. Igor Dovgal por la verificación en la identificación de suctores.

A los Biól. Armando Zepeda Rodríguez y Francisco Pasos Nájera por su paciencia y toma de fotografías de los insectos acuáticos.

A la M. en C. Ana Isabel Bieler por su la toma de fotografías de ciliados epibiontes.

A la Biól. G. Griselda García Rivera por la verificación y enseñanza en la identificación de géneros de coleópteros acuáticos.

Al M. en C. Ricardo Mariño Pérez por enseñarme las técnicas de recolecta de insectos acuáticos, así como la verificación e identificación de hemípteros acuáticos a nivel genérico.

Al M. en A. Derek A. Woller por la traducción del resumen.

Del CIIB: a la Dra. Layla Michán y Lissania, Claudia por la enseñanza de búsqueda de información digital en la web.

Al Dr. Fernando Álvarez Padilla por la enseñanza en el manejo de Excel.

A la Arq. Danaé A. Rubín Sánchez por la edición de fotografías.

Al Dr. Antonio Lot-Helgueras por permitir el estudio de protozoos en la Cantera Oriente.

Al Biól. Francisco Martínez coordinador de la Cantera Oriente, por permitirme el acceso para las recolectas.

CONTENIDO

Lista de cuadros y láminas	i
Resumen	ii
Abstract	iii
Introducción	4
Protozoos ciliados	4
Peritricos	6
Suctores	7
Epibiosis y factores hidrodinámicos	8
Basibiontes	10
Odonata	10
Coleoptera	10
Hemiptera	11
Antecedentes	12
Registro de ciliados epibiontes en insectos acuáticos	12
Registro de insectos acuáticos en México	13
Áreas de estudio	14
Faja Volcánica Transmexicana	14
Lago Cantera Oriente, Distrito Federal	15
Lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México	17
Lago Sayula, Jalisco	17
Lago Totolcingo, Puebla	17
Manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán	18
Justificación	19
Objetivos	20
Metodología	21
Resultados	25
Taxonomía de ciliados	28
Consideraciones morfológicas de las especies de ciliados epibiontes	30
Insectos acuáticos	48
Parámetros fisicoquímicos registrados <i>in situ</i>	51
Discusión	52
Conclusiones	59
Literatura citada	60
Anexo 1. Identificación de géneros de hemípteros y coleópteros acuáticos que presentaron ciliados epibiontes	66

LISTA DE CUADROS Y LÁMINAS

Cuadro 1. Registros previos en México de los ciliados epibiontes de insectos acuáticos.

Cuadro 2. Distribución de familias y géneros de insectos acuáticos en México.

Cuadro 3. Periodos de recolecta (año 2011) y tamaño de redes utilizadas.

Cuadro 4. Sitios de implantación de las doce especies de ciliados epibiontes en los diferentes insectos.

Cuadro 5. Localidades, fechas de muestreo y géneros de coleópteros acuáticos encontrados en los cuerpos de agua de la FVT.

Cuadro 6. Localidades, fechas de muestreo géneros de hemípteros acuáticos encontrados en los cuerpos de agua de la FVT.

Cuadro 7. Parámetros fisicoquímicos registrados en las recolectas de los diferentes cuerpos de agua.

Lámina 1. La capa límite hidrodinámica.

Lámina 2. La secuencia de la estructura micro-espacial en el desarrollo de una comunidad epibionte.

Lámina 3. Mapa donde se muestran los estados de la Faja Volcánica Transmexicana y los cinco cuerpos de agua donde se realizaron las recolectas.

Lámina 4. Método de recolecta y registro de los parámetros fisicoquímicos.

Lámina 5. Fotomicrografías de *Discophrya elongata*.

Lámina 6. Fotomicrografías de *Discophrya lichtensteinii*.

Lámina 7. Fotomicrografías de *Periacineta mexicana*.

Lámina 8. Fotomicrografías de *Epistylis* sp. 1.

Lámina 9. Fotomicrografías de *Epistylis* sp. 2.

Lámina 10. Fotomicrografías de *Epistylis anastatica*.

Lámina 11. Fotomicrografías de *Opercularia coarctata*.

Láminas 12, 13. Fotomicrografías de *Opercularia longigula*.

Lámina 14. Fotomicrografías de *Opercularia microdiscum*.

Lámina 15. Fotomicrografías de *Orbopercularia* sp.

Lámina 16. Fotomicrografías de *Vorticella* sp.

Lámina 17. Fotomicrografías de *Vorticella convallaria*-complejo.

Lámina 18. Fotografías de *Tropisternus* sp.

Lámina 19. Fotografías de *Belostoma* sp.

Lámina 20. Fotografías de individuos de la familia Corixidae.

Lámina 21. Fotografías de *Ambrysus* sp.

Lámina 22. Fotografías de *Ranatra* sp.

Lámina 23. Fotografías de *Buenoa* sp.

Lámina 24. Fotografías de *Notonecta* sp.

RESUMEN

La interacción de ciliados epibiontes con invertebrados acuáticos ha sido abordada a nivel mundial y la mayoría de estas investigaciones se centran en crustáceos, en los insectos acuáticos son escasos y de la simbiosis con náyades de odonatos no hay registros. En México se han estudiado solamente los ciliados epibiontes de hemípteros y coleópteros acuáticos del lago de Tecocomulco y del estanque Tecomatlán, ambos en Hidalgo.

El presente trabajo amplía la distribución geográfica y el registro de la distribución corporal de los ciliados sobre insectos acuáticos de tres órdenes en cuerpos de agua de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), además incrementa el registro de la distribución geográfica de los basibiontes (Odonata, Coleoptera y Hemiptera).

En este trabajo se abordan aspectos taxonómicos de los ciliados epibiontes y sus basibiontes (individuos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera y Odonata), recolectados durante el año 2011 en cuerpos de agua en el área de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), incluyendo las siguientes entidades federativas: Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Michoacán y Puebla. En total se observaron 12 especies de ciliados, de las cuales tres son suctores (Suctorea) de las familias Discophryidae y Periacinetidae; de las nueve especies de peritricos (Peritrichia) tres pertenecen a la familia Epistylidae, cuatro a Operculariidae y dos a Vorticellidae. Los insectos acuáticos estuvieron representados por tres órdenes: Odonata, Coleoptera y Hemiptera. Del orden Odonata se identificó al nivel de suborden (Anisoptera); en Coleoptera se registraron tres familias: Dytiscidae, Hydrochidae e Hydrophilidae. Del orden Hemiptera, suborden Nepomorpha se identificaron cinco familias: Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Nepidae y Notonectidae. Los hemípteros acuáticos se encontraron distribuidos en todos los cuerpos de agua estudiados y las cinco familias reportadas presentaron ciliados epibiontes.

Los sitios de adhesión de los ciliados epibiontes, por lo general fueron sitios protegidos como la zona interna de las articulaciones de las patas (*Orbopercularia* sp. en *Tropisternus* sp.), las setas de las patas (*Discophrya lichtensteinii* en *Buenoa* sp. y *D. elongata* en *Notonecta* sp. 2) o los bordes de las alas membranosas (*Opercularia microdiscum* y *Vorticella convallaria*) en los coríxidos. La distribución espacial de los ciliados en sus basibiontes obedece a una serie de manifestaciones citológicas relacionadas con factores hidrodinámicos.

El mayor número de ciliados epibiontes (nueve) se encontró asociado a individuos del orden Hemiptera, mientras que en los coleópteros se registró a *Orbopercularia* sp. 1 y en el orden Odonata a *Opercularia coarctata* y *Epistylis anastatica*. La localidad con la mayor riqueza específica correspondió al manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán con cuatro especies de ciliados epibiontes, mientras que en los lagos Cantera oriente y Nabor Carrillo se observaron tres especies, el lago Sayula presentó dos y en el lago Totolcingo no se reportaron ciliados epibiontes.

En la temporada de lluvias se observaron cinco especies de ciliados epibiontes contrastando con la temporada de secas donde se identificaron nueve especies. La especie *Opercularia longigula* fue la única que se registró en dos cuerpos de agua y en tres basibiontes.

ABSTRACT

The interaction of epibiont ciliates with aquatic invertebrates has been studied worldwide and the majority of these investigations have focused on crustaceans. Studies of this type are rare on aquatic insects and none have been done on symbiosis with odonate naiads. In Mexico, the only ciliate epibionts that have been studied are those found on aquatic hemipterans and coleopterans from Lake Tecocomulco and a small pond in Tecamatlán, both in Hidalgo.

The present work expands the geographical distribution and the range of the anatomical distribution of the ciliates in 3 orders of aquatic insects in bodies of water within the Transmexican Volcanic Belt. Additionally, this work increases the geographic distribution information for the basibionts (Odonata, Coleoptera, and Hemiptera).

In this work, taxonomic aspects of the ciliate epibionts and their basibionts (individuals of the orders Coleoptera, Hemiptera, and Odonata) are addressed, collected during the year 2011 in bodies of water within the Transmexican Volcanic Belt, including the following federal entities: Federal District, Mexico State, Jalisco, Michoacán, and Puebla. In total, 12 species of ciliates were observed, three of which are suctorians (Suctorea) of the families Discophryidae and Periacinetidae. Of the nine species of peritrichians (Peritrichia) three belong to the family Epistylididae, four to Operculariidae, and two to Vorticellidae. The aquatic insects are represented by three orders: Odonata, Coleoptera, and Hemiptera. For the order Odonata, specimens were identified to the suborder level (Anisoptera). In Coleoptera, three families were registered: Dytiscidae, Hydrochidae, and Hydrophilidae. From the order Hemiptera, five subfamilies were identified from the suborder Nepomorpha: Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Nepidae, and Notonectidae. The aquatic hemipterans were found distributed in all the bodies of water studied and all five reported families possessed ciliate epibionts.

The adhesion sites of the ciliate epibionts were, in general, protected ones, like the internal area of the leg joints (*Orbopercularia* sp. in *Tropisternus* sp.), setae on the legs (*Discophrya lichtensteinii* in *Buenoa* sp. and *D. elongata* in *Notonecta* sp. 2), or the edges of the membranous wings (*Opercularia microdiscum* and *Vorticella convallaria*) in the corixids. The spatial distribution of the ciliates on their basibionts follows a series of cytological manifestations related to hydrodynamic factors.

The greatest number of ciliate epibionts (nine) were found associated with individuals of the order Hemiptera, while, in coleopterans, only *Orbopercularia* sp. 1 was registered, and, in the order Odonata, only *Opercularia coarctata* and *Epistylis anastatica* were observed. The locality with the greatest species richness corresponded to a pond in San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán with four species of ciliate epibionts while in the lakes, Cantera Oriente and Nabor Carrillo, three species were observed. Additionally, Lake Sayula had two species and no epibiont ciliates were reported for Lake Totolcingo.

In the rainy season five species of ciliate epibionts were observed contrasting with the dry season during which nine species were identified. Furthermore, the species *Opercularia longigula* was the only one registered in two bodies of water and in three basibionts.

INTRODUCCIÓN

La epibiosis, interacción típica en ambientes acuáticos, es una asociación no simbiótica, facultativa e interespecífica en la que uno de los organismos llamado epibionte, durante su fase sésil, está adherido a un sustrato vivo, denominado basibionte (Fernández-Leborans y Sorbe, 2003; Wahl, 1989). Esta asociación implica una independencia nutricional por ambos simbios, sin embargo, se puede presentar una competencia por nutrientes entre epibiontes-basibiontes (Wahl, 1989). Los epibiontes obtienen ventajas i.e. protección contra la turbulencia del agua y disponibilidad de espacio, en comparación con aquellos incapaces de fijarse a un sustrato (Wahl, 1989). Los ciliados epibiontes se asocian a una gran diversidad de animales y plantas (Aladro-Lubel *et al.*, 2007). A pesar de las desventajas a las que los ciliados epibiontes pueden enfrentarse al utilizar a los invertebrados acuáticos como basibiontes, éstos son sustratos adecuados para estos ciliados, principalmente aquellos pertenecientes a las subclases Peritrichia y Suctoria (Mayén-Estrada y Aladro-Lubel, 2001).

Protozoos ciliados

Los protozoos son organismos unicelulares eucariontes que habitan medios acuáticos, ya sean dulceacuícolas, salobres y marinos, así como suelos húmedos y sedimentos, e incluso se han encontrado en lagos permanentemente congelados de Antártica, o bien, pueden establecer simbiosis con animales y plantas (Aladro-Lubel *et al.*, 2007; Kepner *et al.*, 1999).

El phylum Ciliophora está dividido actualmente en dos subphyla y 11 clases, basados en características de división nuclear y el patrón de los asociados fibrilares en sus cinetias somáticas. Este phylum se considera monofilético y contiene alrededor de 8,000 especies, de las cuales aproximadamente 3,000 son simbios –parásitos, ectocomensales, epibiontes- y el resto son de vida libre (Lynn, 2008). Estos protozoos forman parte de los circuitos microbianos de ambientes dulceacuícolas como consumidores en la cadena trófica, por lo que transfieren energía a través de las redes acuáticas (Macek *et al.*, 2008).

El phylum Ciliophora engloba a aquellos protozoos que además de presentar cilios en al menos alguna fase de su ciclo de vida, poseen un córtex, presentan dimorfismo nuclear y conjugación (Lynn, 2008). Los ciliados se encuentran en varios microhábitats y la mayoría de las especies son cosmopolitas, poseen diversas formas geométricas, por ejemplo, las especies asociadas a

sustratos suelen estar aplanadas dorsoventralmente (*Sphaerophrya magna*) y su tamaño varía de 10 μm a 4 mm (Hausmann y Hülsmann, 1996; Lynn, 2008).

Morfología

Los cilios son orgánulos cilíndricos compuestos por un axonema –eje microtubular del cilio con un arreglo de 9x2+2- y cubiertos por la membrana plasmática, tienen como funciones la locomoción, la alimentación y la adhesión (Aladro-Lubel *et al.*, 1990; Hausmann y Hülsmann, 1996).

El córtex, también llamado capa cortical, es el responsable de la constancia en la forma de los ciliados y tiene dos componentes: la película y las cinetias, estas últimas son los constituyentes fundamentales de la infraciliatura. La membrana celular y en ocasiones el perilemma adicional, conforman la película. Debajo de la membrana celular hay un sistema de alveolos los cuales proveen de mayor estabilidad al córtex y posiblemente intervienen en la regulación iónica. La película incluye una capa proteica denominada epiplasma -localizada debajo de las vacuolas alveolares- y a los microtúbulos longitudinales que están paralelos al epiplasma. Las cinetias están compuestas por fibras cinetodesmales y cinetosomas que son organelos cilíndricos donde se insertan los cilios y tienen un arreglo de nueve tripletes microtubulares periféricos (9x3+0). Por lo anterior, el córtex está dividido en dos regiones, la somática y la oral. En la primera se forman mono o dicinetias somáticas como en los ciliados de vida libre *Paramecium* y *Cyclidium* que permiten la locomoción, o bien, están reducidas como policinetias orales que permiten la adquisición de los nutrientes, como en los peritricos *Epistylis* u *Orbopercularia*. Los cilios pueden presentarse en sólo alguna fase del ciclo de vida, como en suctores, por ejemplo *Acineta* y *Tokophrya*. El córtex alberga también otros organelos como los extrusomas, mitocondrias y las fibras contráctiles (mionemas) entre otros (Hausmann y Hülsmann, 1996). Las características de las regiones somática y oral, particularmente el acomodo y estructuras ciliares, así como el macronúcleo, son importantes en la identificación de especies (Lynn, 2008).

El dimorfismo sexual se refiere a la presencia de dos tipos de núcleos: el macronúcleo -conocido también como núcleo somático y que se encarga del control bioquímico celular y las actividades tróficas; y el micronúcleo, que es diploide y es el sitio de recombinación genética- (Aladro-Lubel *et al.*, 1990; Hausmann y Hülsmann, 1996).

Reproducción

La conjugación es un proceso sexual en el que dos individuos se unen temporalmente para intercambiar núcleos gaméticos, con el fin de producir gametos (Aladro-Lubel *et al.*, 1990; Lynn, 2008). Generalmente, cuando un trofante carece de alimento en su medio, puede transformarse en una forma altamente móvil, el “teronte”, que puede dispersarse (Lynn, 2008).

Historia de vida

La historia de vida de los ciliados consiste de tres ciclos: el asexual donde ocurren la división celular y el crecimiento; el ciclo sexual en el cual hay intercambio genético (conjugación) entre los conjugantes y el ciclo criptobiótico, donde el organismo forma un quiste resistente a las condiciones ambientales no favorables (Lynn, 2008).

Peritricos

Los peritricos (Subclase Peritrichia) habitan en cuerpos de agua dulce, salobre e incluso marina y se alimentan principalmente de bacterias (Martínez-Pérez y Elías-Gutiérrez, 1985). Se caracterizan por tener ciliatura somática reducida, y su cuerpo está dividido en tres regiones: la oral (puede contraerse y relajarse); la aboral y la banda telotroca. La oral posee un peristoma rodeado por la haplocinetia y la policinetia -dividida a su vez en tres membranelas: P1, P2, P3-, ambas se originan en el infundíbulo (cavidad oral). El citostoma está en la base del infundíbulo y en su interior las filas de cilios se dirigen hacia el citostoma, al que recorren en espiral, dando entre media y dos vueltas y media antes de llegar a él. Fuera de la cavidad bucal, estas filas continúan en espiral por el borde del extremo oral del cuerpo del ciliado (Sleigh, 1979). La región aboral contiene a los cinetosomas como parte de la escópula y la región de la banda telotroca, que es ciliada permanentemente en especies móviles y temporalmente en las sésiles, presente sólo durante su fase dispersora (Adl *et al.*, 2005). La reproducción asexual es por fisión binaria longitudinal y presentan el proceso sexual de conjugación (con macro y micro conjugantes) o autogamia (Martínez-Pérez y Elías-Gutiérrez, 1985).

Los peritricos sésiles (suborden Sessilina), en su fase trofante, poseen una forma campanular o globular; pueden ser solitarios (*Vorticella*) o coloniales (*Epistylis*), pueden estar cubiertos por una lóriga (*Cothurnia*) o no (*Orbopercularia*) y pueden poseer un pedúnculo -secretado por la escópula- de naturaleza contráctil (*Carchesium*) o no contráctil (*Opercularia*), o adherirse por una de sus superficies como en el caso de *Lagenophrys* (Martínez-Pérez y Elías-Gutiérrez, 1985;

Mayén-Estrada y Aladro-Lubel, 2000; Sleigh, 1979). Es frecuente la formación de telotrocas (fases libres nadadoras) que representan el medio de dispersión (Martínez-Pérez y Elías-Gutiérrez, 1985; Sleigh, 1979).

Suctores

Los suctores (Suctorea) habitan en todo tipo de ambientes acuáticos y comprenden el 7% de las especies de ciliados (Mariño-Pérez *et al.*, 2010). Estos ciliados sésiles se pueden adherir a sustratos inorgánicos y orgánicos. Como sustratos orgánicos están las plantas, los moluscos, los artrópodos (crustáceos, ácaros e insectos, donde actúan como comensales) o vertebrados (peces y tortugas). Asimismo, se catalogan como ectoparásitos y endoparásitos de otros ciliados, poliquetos, turbelarios, rotíferos y moluscos (Dovgal, 2002; Dovgal y Pesic, 2007; Mariño-Pérez *et al.*, 2010). En México se han identificado 52 especies de suctores, principalmente como epibiontes de fanerógamas, algas y crustáceos (Mariño-Pérez *et al.*, 2010).

Los suctores tienen una etapa larvaria ciliada (nadadora) que les permite desplazarse hasta llegar a un organismo (sustrato) donde establecerse e iniciar su metamorfosis a una etapa adulta (trofonte) (Dovgal, 2002). Dichos ciliados pueden tener diversas formas geométricas como ser aplanados sin pedúnculo o ramificados, además pueden ser parásitos o epibiontes. El tamaño promedio de los suctores varía de 100 a 200 μm . La célula puede estar desnuda o cubierta por una loriga, basoteca o semiloriga y estiloteca o tecostilo. Los macronúcleos son de formas diversas –elíptica, esférica, ramificada- y sus posiciones en la célula –transversal o longitudinal- (Dovgal, 2002). Los tentáculos son extensiones celulares con una protuberancia en su zona distal en cuya periferia se localizan los haptocistos utilizados para atrapar e ingerir el alimento. Las formas de los tentáculos varían, siendo -clavados, ramificados, en forma de varilla o de embudo-, así como su distribución, ya que se pueden ubicar alrededor de todo el organismo, o bien, estar localizados en fascículos o en actinóforos (Lanners y Lanners, 2002). Sólo se conoce una especie que forma pseudocolonias (*Periacineta mexicana*), aunque se documentó a *P. gyrini* con dos individuos sólo una vez (Dovgal, 2002; Mariño-Pérez *et al.*, 2010).

Los suctores presentan una división celular desigual (gemación) con una larva que puede dispersarse mediante la natación. Hay cinco tipos de gemación: exogémica (la célula hija se forma sobre la célula madre), endogémica (la célula hija se desarrolla dentro de la célula madre), inversogémica (la célula hija se forma parcialmente dentro de la madre, evagina, termina de desarrollarse y se separa de la célula madre), semi-circunvaginata (se genera la célula hija

mediante la invaginación parcial de la célula madre) y vermigémica (la célula hija, parecida a un gusano, se forma sobre la célula madre) (Dovgal, 2002).

Epibiosis y factores hidrodinámicos

En la epibiosis uno de los interactuantes denominado epibionte está adherido a otro interactuante llamado basibionte y cualquiera de los dos puede sufrir desventajas u obtener beneficios (Wahl, 1989; Fernández-Leborans y Sorbe, 2003; Winter y Masunari, 2006). Esta asociación puede ser temporal o durar el ciclo de vida de los organismos (Fernández-Leborans y Sorbe, 2003).

Los epibiontes se benefician porque la mayoría de las superficies sumergidas actúan como trampas de nutrientes y un adecuado flujo de agua asegura mayor arribo de éstos, así como desalojo de desechos. También obtienen protección contra la depredación y la turbulencia y ventajas para la colonización, ya que después de reproducirse se sitúan en el mismo basibionte y además hay expansión geográfica de las especies (Fernandez-Leborans *et al.*, 2009; Wahl, 1989). Algunas desventajas a las que se exponen los epibiontes son la inestabilidad del basibionte: las situaciones naturales a las que está expuesto -depredación, muerte natural, perturbaciones físicas, proceso de ecdisis-, fluctuaciones de la actividad fisiológica, así como al estrés fisiológico debido a los cambios drásticos originados durante las migraciones de los basibiontes (Wahl, 1989). La epibiosis puede proveer de protección mimética a los basibiontes, aunque puede restringir su movilidad, afectar su crecimiento, la muda o el funcionamiento de ciertos órganos, por lo que se llega a incrementar la susceptibilidad a la depredación (Fernandez-Leborans *et al.*, 2009).

Los epibiontes pueden ser macroepibiontes, es decir, metazoos pertenecientes a diferentes taxa como Porifera, Polychaeta, Bivalvia, o bien, microepibiontes, por ejemplo, pertenecientes al phylum Ciliophora: Apostomatia, Chonotrichia, Suctoria, Peritrichia o Heterotrichia (Fernandez-Leboranz *et al.*, 2009).

La capa límite hidrodinámica, que involucra factores como el esfuerzo cortante y la fuerza integradora, en conjunto con el espesor de desplazamiento, son importantes en la formación de la estructura micro-espacial de las comunidades epibiontes, ya que determinan la localización de éstos en el basibionte (Dovgal, 2008) (Lám. 1). Los organismos menores a 1 mm viven completamente dentro de la capa límite hidrodinámica, la cual se forma alrededor de los cuerpos -sumergidos en algún líquido- por la viscosidad del fluido, por lo tanto, es una zona físicamente

establecida cerca de la superficie de un sustrato –en este caso el basibionte- donde la velocidad de flujo del fluido (agua) decrece y cerca de la superficie llega casi a cero (Lám. 2). Esta capa está determinada por el esfuerzo cortante, la fuerza máxima que hay en la zona de adhesión, i.e. pedúnculo-basibionte; y la fuerza integradora, la cual aumenta en la zona oral del ciliado epibionte. Dentro de la capa límite hidrodinámica está el espesor de desplazamiento, distancia existente entre el flujo externo removido (eliminado) y el basibionte, donde la velocidad del agua es tan baja que prácticamente se reduce a cero (Dovgal, 1998).

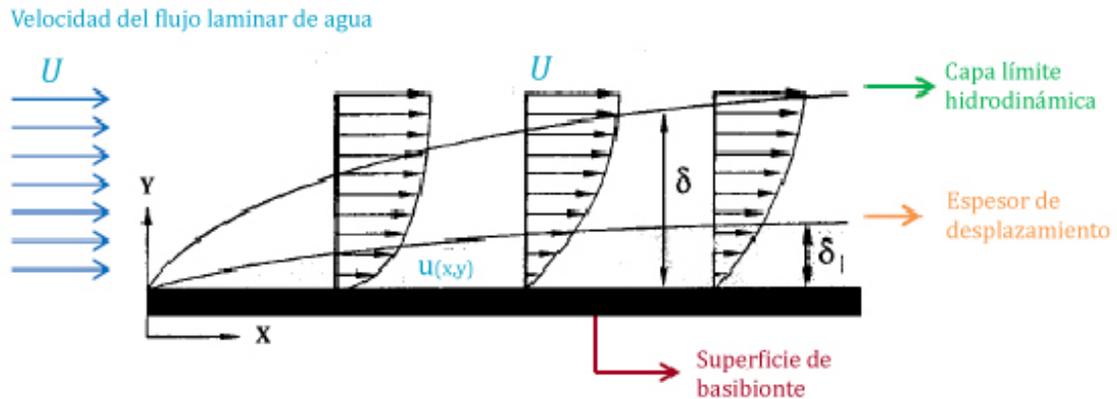


Lámina 1. La capa límite hidrodinámica (δ) y el espesor de desplazamiento (δ_1) en una superficie con flujo laminar en una sola dirección. (U) es la velocidad del flujo externo de agua y ($u(x,y)$) es la velocidad del flujo de agua en varios puntos dentro de la capa límite. Esquema modificado de Dovgal, 1998.

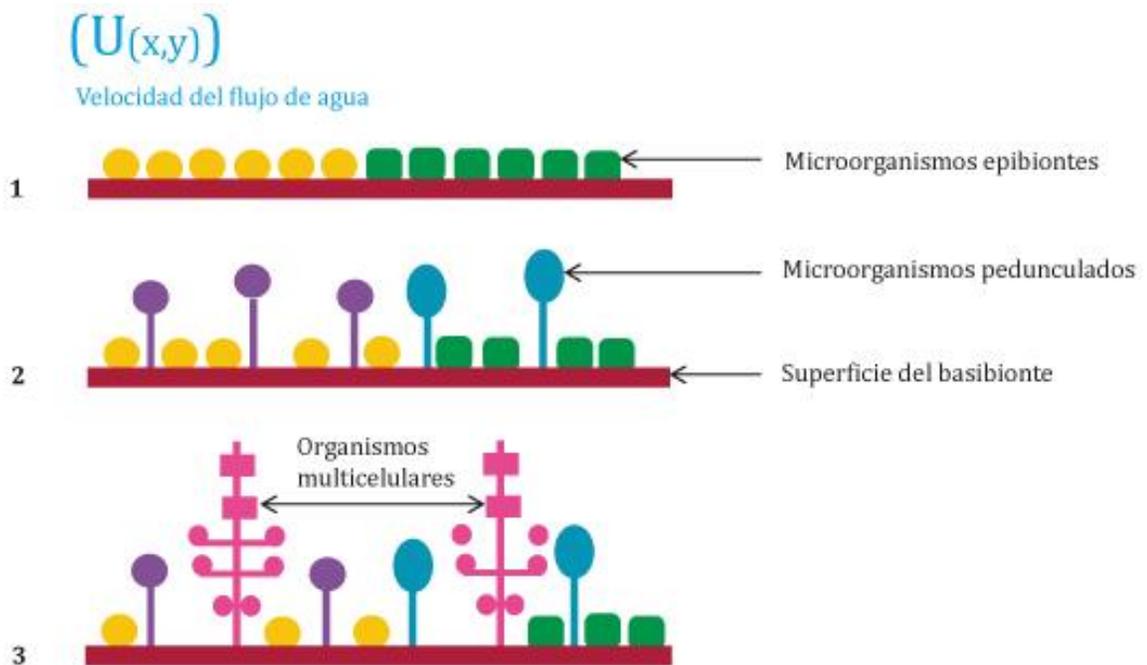


Lámina 2. La secuencia de la estructura micro-espacial en el desarrollo de una comunidad epibionte. 1) Diferentes especies de individuos aplanados. 2) Individuos aplanados y organismos con pedúnculo. 3) Individuos aplanados, organismos con pedúnculo y organismos multicelulares (II). Esquema basado en Dovgal, 1998

Basibiontes

En los cuerpos de agua habitan diversos invertebrados acuáticos y algunos taxa, por ejemplo, los insectos que son los más diversos y abundantes y son los más susceptibles a cambios fisicoquímicos en éstos (Pino-Selles y Bernal-Vega, 2009).

Los insectos acuáticos pueden presentar una metamorfosis completa (holometábola) o una incompleta (paurometábola). Hay órdenes de insectos que son exclusivamente acuáticos en sus estadios inmaduros como Ephemeroptera y Odonata, entre otros, en cambio, varias familias de Coleoptera y Hemiptera presentan al menos algunos estadios acuáticos (Gullan y Cranston, 1994). Los órdenes Coleoptera y Hemiptera poseen muchas especies acuáticas, colonizan diferentes tipos de ambientes y habitan en los cuerpos de agua durante todo el año (Fernández y López, 2006).

Las diversas adaptaciones para la respiración bajo el agua por parte de algunos insectos acuáticos incluye el desarrollo de las branquias de las náyades de Odonata, atrapar burbujas de aire con sedas corporales, bajo los élitros, en el abdomen o en la cavidad subelital (ditíscidos) de los coleópteros adultos, o bien, la utilización de sifones, atrapar burbujas de aire en el ápice del abdomen de los hemípteros, aunque algunos naucóridos respiran mediante el plastron (Bent, 2012; Epler, 2006; Gullan y Cranston, 1994; Parsons, 1966).

Odonata

El orden Odonata incluye a las libélulas (suborden Anisoptera) y los caballitos del diablo (suborden Zygoptera), ambos son relativamente sedentarios (Gómez-Anaya *et al.*, 2011; Altamiranda-Saavedra, 2009). Las náyades de Odonata son dependientes de las características del hábitat, sensibles a factores abióticos y juegan papeles importantes en la estructura trófica de las comunidades acuáticas, ya que los estadios inmaduros son depredadores de diversos invertebrados y presas de distintos grupos. Las náyades de odonatos tienen cualidades como bioindicadores y muchas especies se han utilizado para estudiar una diversidad de procesos como la tolerancia a los factores fisicoquímicos (Gómez-Anaya *et al.*, 2011).

Coleoptera

El orden Coleoptera (escarabajos) está representado en el medio acuático por aproximadamente 33 familias (considerando especies acuáticas y semiacuáticas), de las cuales alrededor de 19 han sido registradas en varios cuerpos de agua de México (Arce-Pérez, 1995; Santiago-Fragoso y

Sandoval-Manrique, 2001). Los cuerpos de agua pequeños y temporales suelen tener más especies de escarabajos acuáticos que los cuerpos de agua grandes y permanentes. La mayor diversidad y abundancia de estos insectos se da en las regiones templadas donde se encuentran en una gran variedad de hábitats (Vafei *et al.*, 2008). Los individuos de las familias Dytiscidae e Hydrophilidae prefieren cuerpos de agua poco profundos o habitan en márgenes de ríos ocupando la vegetación acuática o la terrestre flotante en las orillas del mismo (Vafei *et al.*, 2008). Los adultos de Hydrophilidae son recolectores por lo que tienen un papel importante en el reciclaje de materia orgánica de plantas y animales (Fernández y López, 2006).

Hemiptera

La mayoría de los hemípteros (orden Hemiptera) son terrestres, aunque los hay acuáticos y semi acuáticos. Estos dos últimos se incluyen en tres infraórdenes monofiléticos: Gerromorpha, Leptopodomorpha y Nepomorpha, que habitan en todos los continentes excepto en el Antártico y presentan altos grados de endemismo en zonas tropicales (Polhemus y Polhemus, 2008). El suborden Nepomorpha (chinches acuáticas) contiene 11 familias a nivel mundial, que habitan en cuerpos de agua dulce y salada. En México hay siete familias (Papáček, 2001).

Los hemípteros acuáticos son eslabones importantes en las redes tróficas como depredadores y los individuos de la familia Corixidae convierten la materia animal y vegetal en detritus que es reincorporado a las redes y utilizado por otros organismos (Contreras-Rivero *et al.*, 2008). Todas las familias pertenecientes al clado Nepomorpha son depredadoras, excepto Corixidae que son omnívoros (Polhemus y Polhemus, 2008). Las familias Belostomatidae, Naucoridae y Nepidae son depredadores de vertebrados acuáticos pequeños (Papáček, 2001; Choate, 2003; Sites, 2000; Keffer, 2000).

ANTECEDENTES

Registros de ciliados epibiontes en insectos acuáticos

En los diversos estudios realizados sobre el sistema insecto-ciliado, se cuenta con distintos trabajos que se resumen en el Cuadro 1. En el estado de Hidalgo se han registrado ocho especies de ciliados epibiontes, el Estado de México presenta cuatro, Oaxaca dos y Puebla una. *Discophrya elongata* se ha registrado como epibionte de cuatro familias de hemípteros acuáticos y en tres estados diferentes. *Periacineta mexicana* se ha registrado en tres especies de *Buenoa* sp. aunque sólo en el estado de Hidalgo, mientras que *P. buckei*, ha sido hallada sobre dos especies de la familia Belostomatidae y una de Nepidae, pero se registró en dos estados diferentes. *Opercularia corisae* y *Pericineta notonectae*, se reportaron en coríxidos de Hidalgo. *Orbopercularia lichtensteinii* se registró en dos especies de coríxidos de Hidalgo. *Pseudogemma pachystyla* y *Tokophrya quadripartita* se reportaron como ectoparásitos de otros ciliados epibiontes en diferentes chinches y estados. Los suctores *Discophrya lichtensteinii* y *Manuelophrya hanna*e y el peritrico *Opercularia articulata* se observaron en tres familias de hemípteros, así como tres en estados.

Cuadro 1. Registros previos en México de los ciliados epibiontes de insectos acuáticos.

Epibionte	Basibionte	Estado y referencia
<i>Discophrya elongata</i>	<i>Ambrysus</i> sp 1.	OAX ³
	<i>Corisella edulis</i>	No indica el estado ³
	<i>Hesperocorixa laevigata</i>	HGO ³
	<i>Notonecta unifasciata</i>	HGO ³
	<i>Ranatra</i> sp. 1	HGO ³
<i>Discophrya lichtensteinii</i>	<i>Ranatra</i> sp. 2	EDOMEX ³
	<i>Ambrysus</i> sp 2.	PUE ³
<i>Manuelophrya hanna</i> e	<i>Lethocerus</i> sp.	EDOMEX ³
<i>Opercularia articulata</i>	<i>Notonecta</i> sp.	HGO ¹
<i>Opercularia corisae</i>	<i>Hesperocorixa laevigata</i>	HGO ¹
<i>Orbopercularia lichtensteinii</i>	<i>Krizousacorixa femorata</i> y <i>Trichocorixella mexicana</i>	HGO ¹
<i>Periacineta buckei</i>	<i>Belostoma</i> sp. 1 y <i>Ranatra</i> sp. 1	HGO ³
	<i>Belostoma</i> sp. 2	OAX ³
	<i>Belostoma</i> sp. 3 y <i>Lethocerus</i> sp. y <i>Ranatra</i> sp. 2	EDOMEX ³
<i>Periacineta mexicana</i>	<i>Buenoa</i> spp (1 y 2) y <i>B. pallens</i>	HGO ²
<i>Periacineta notonectae</i>	<i>Hesperocorixa laevigata</i>	HGO ³
<i>Pseudogemma pachystyla</i>	Ectoparásito de <i>Periacineta buckei</i> , epibionte de <i>Ranatra</i> sp. 1	HGO ³
<i>Tokophrya quadripartita</i>	Ectoparásito de peritricos epibiontes de <i>Lethocerus</i> sp.	EDOMEX ³

1) Mariño-Pérez, 2009; 2) Mariño-Pérez et al., 2010; 3) Mariño-Pérez et al., 2011a.

Registros de insectos acuáticos en México

De los diversos estudios de la entomofauna acuática realizados en México se cuenta con varios registros a nivel de orden y familia (Cuadro 2). En el caso de los hemípteros acuáticos (Nepomorpha: Hemiptera) la familia Corixidae se ha localizado en cuatro entidades federativas. El género *Belostoma* (Belostomatidae) se ha reportado a lo largo de la República Mexicana, *Ranatra* sp. (Nepidae) y *Buenoa* sp. (Notonectidae) se reportaron en tres estados y *Notonecta* sp. (Notonectidae) en dos. Los naucóridos (Naucoridae) se han reportado en dos estados e individuos de Pleidae y Nepidae se registraron en uno.

En Tabasco se registraron 14 géneros de la familia Dytiscidae, 12 de la familia Hydrophilidae (entre ellos *Tropisternus* sp. que está distribuido a lo largo de la República Mexicana). También en Tabasco se registraron diez familias de coleópteros acuáticos (Bueno *et al.*, 2005).

El suborden Anisoptera (Odonata) se ha reportado en Jalisco, Michoacán, Puebla y Sonora.

Cuadro 2. Distribución de familias y géneros de insectos acuáticos en México.

Orden	Suborden	Familia	Género	Distribución en México y referencia
Hemiptera	Nepomorpha	Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp.	MOR, BCN, SON, CAMP, CHIS, COL, D.F., GRO, JAL, MICH, NAY, NL, TAMPS, VER, YUC, EDOMEX, CHIH, PUE, QRO, GTO, SIN, BCN, DUR, Lago de Texcoco, EDOMEX ¹³ , TAB ² , HGO, OAX ^{13,16}
		Corixidae		D.F. ⁴ , HGO ¹² , EDOMEX ^{3,5} , QRO ³ , TABS ²
		Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp.	CHIH, GRO, MICH, SLP, JAL, CHIS, D.F., TAMPS, SON, BCN, EDOMEX ¹² , OAX, PUE ^{12,16}
		Nepidae	<i>Ranatra</i> sp.	HGO, EDOMEX ¹⁶ , QRO, MICH ¹⁸ , TAB ²
		Notonectidae	<i>Buenoa</i> spp.	HGO ¹⁵ , EDOMEX ⁵ , TAB ²
			<i>Notonecta</i> sp.	HGO ^{14,16} , EDOMEX ⁵
				Aunque se considera género cosmopolita ¹¹
Coleoptera		Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i> sp.	BCN, BCS, CHIS, CHIH, COA, COL, D.F., HGO, EDOMEX, GTO, DUR, JAL, MICH, NAY, OAX, NL, PUE, QRO, SLP, SON, ZAC, TAMPS, VER, YUC, GRO, CAMP, SIN, AGS ¹ ; MOR ^{1,17} y TAB ^{1,2}
Odonata	Anisoptera			JAL ⁸ , MICH ⁷ , MOR ⁹ , PUE ⁶ , SON ¹⁰

1) Arce-Pérez *et al.*, 2010; 2) Bueno *et al.*, 2005; 3) Contreras-Rivero *et al.*, 2001; 4) Contreras-Rivero *et al.*, 2005; 5) Contreras-Rivero *et al.*, 2008; 6) Cuevas-Yañez, 2007; 7) Gómez-Anaya *et al.*, 2011; 8) González-Soriano, 2005; 9) González-Soriano *et al.*, 2008; 10) González-Soriano *et al.*, 2009; 11) Hungerford, 1933; 12) La Rivers, 1958; 13) Lauck, 1959; 14) Mariño-Pérez, 2009; 15) Mariño-Pérez *et al.*, 2010; 16) Mariño-Pérez *et al.*, 2011a; 17) Santiago-Fragoso y Sandoval-Manrique, 2001; 18) Sites y Polhemus, 1994.

ÁREA DE ESTUDIO

Faja Volcánica Transmexicana

El territorio mexicano abarca aproximadamente 1,972,544 km² (Granados-Sánchez *et al.*, 2004), posee un gradiente latitudinal extenso con un intervalo de altitud amplio y complejo y su heterogeneidad ha sido causada por eventos tectónicos y fluctuaciones del clima en la historia geológica (Sánchez, 2007). Dada su topografía, diversidad climática y situación geográfica por encontrarse entre dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) México es un país megadiverso (Gómez-Anaya *et al.*, 2011), posee varias serranías, entre ellas la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) que es el arco volcánico que atraviesa el centro del país del Océano Pacífico (Nayarit) al Atlántico (Veracruz) (Mooser y Ramírez, 1988), sobre el margen sudoccidental de la placa Norteamericana (Ferrari, 2000). El origen de la FVT data de hace aproximadamente 20 Ma, en ella predominan rocas ígneas, posee cerca de 8,000 estructuras volcánicas y comprende una superficie de 175,700 km² y su intervalo de altitud oscila de 1,000 a 5,000 msnm (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008; Granados-Sánchez *et al.*, 2004; Gómez-Tuena *et al.*, 2005). En base a su geología y tectónica la FVT se ha dividido en tres sectores: occidental, central y oriental (Lám. 3) (Gómez-Tuena *et al.*, 2005; Ferrari, 2000), en donde los climas subhúmedos prevalecen en la mitad suroccidental y los semiáridos en la mitad nororiental, según Köppen y modificado por García (Luna *et al.*, 2007); la vegetación predominante es de bosques templados y pastizales (Granados-Sánchez *et al.*, 2004).

La FVT es una de las zonas más importantes del país puesto que constituye la transición entre las regiones Neártica y Neotropical, y conecta las biotas aisladas entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. Las perturbaciones del terreno, ocasionadas por el vulcanismo característico de la región, generaron una diversidad de micro-hábitats, lo que permitió la hibridación, radiación adaptativa y por ello, la especiación (Granados-Sánchez *et al.*, 2004). En la zona central de la FVT se desarrollaron grandes cuencas lacustres como consecuencia de un tectonismo continuo por la subducción ya mencionada (Israde-Alcántara *et al.*, 2008). Las cuencas hidrológicas se forman por el agua pluvial captada que fluye desde las zonas más altas de las cuencas y es retenida en el suelo. La ubicación y límites de las cuencas están determinadas por la topografía de cada región y el flujo del agua (Sánchez, 2007). Las cuencas hidrológicas pueden ser exorreicas, es decir, su vertimiento ocurre hacia otras cuencas, o bien, endorreicas, donde sus laderas convergen en un punto central formando lagos. Existen lagos de cuencas endorreicas amplias y muy pequeñas, profundas y someras (Sánchez, 2007). Los lagos de

cuencas endorreicas son cuerpos de agua lénticos, es decir, su contenido líquido tiene movimientos convectivos dentro de la depresión donde se localiza y su recambio de aguas es más o menos limitado (Sánchez, 2007). Los ambientes lénticos son transitorios pues los sedimentos y restos orgánicos se acumulan, el nivel del agua baja y las zonas marginales se convierten en terrenos cenagosos, originando tierra firme, lo que eventualmente ocasiona la desaparición del lago (Rojas-Moreno y Novelo-Retana, 1995). Alrededor del 50% de los lagos en México presentan un grave deterioro y las causas de esta problemática ambiental se relacionan con la forma de uso de los recursos hídricos. El deterioro en los lagos se caracteriza por la reducción del volumen de agua, la contaminación, la disminución de la reserva pesquera y la pérdida de especies nativas y endémicas, generalmente a causa de la introducción de especies exóticas y de la sobrepesca (Franco *et al.*, 2011).

Para el presente estudio los lagos estudiados de la FVT son: Cantera Oriente D.F., Nabor Carrillo, Estado de México; Sayula, Jalisco y Totolcingo, Puebla, además del manantial San Cristóbal, Michoacán.

Lago Cantera Oriente, Distrito Federal

El Pedregal de San Ángel se formó por la erupción del Xitle hace 2,000 años y una pequeña zona se decretó Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) (Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Rojo y Rodríguez, 2002) ubicada dentro de Ciudad Universitaria (UNAM) entre las latitudes de 19°18'31" y 19°19'17" N y 99°10'20" y 99°11'452" O (Lám. 4). La altura promedio de la REPSA es de 2,300 msnm y su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (San José *et al.*, 2010). El sustrato de la reserva es basáltico con escaso suelo que es de origen eólico y orgánico y se acumula en grietas y depresiones (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). El enfriamiento irregular de la lava generó una gran heterogeneidad espacial y consecuentemente microambiental, que hacen de este sitio un ecosistema con composición biótica muy particular, además tiene una ubicación cercana al área de confluencia de las zonas biogeográficas Neártica y Neotropical (Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Cano-Santana *et al.*, 2008). La REPSA consta de tres zonas núcleo y 13 zonas de amortiguamiento, entre ellas está la Cantera Oriente, que es una subcuenca artificial que destaca por sus ambientes acuáticos –lago y manantial- donde se han registrado diversos taxa de organismos (San José *et al.*, 2010; Lot-Helgueras, 2007). Los estudios de protozoos realizados en la Cantera Oriente únicamente han abordado el aspecto taxonómico de especies de vida libre (Aladro-Lubel *et al.*, 2007).



Lámina 3. Figura A) Mapa donde se muestran los estados de la Faja Volcánica Transmexicana y los cinco cuerpos de agua donde se realizaron las recolectas (Google Earth, 22 de enero del 2013). Figuras b-e) Localidades de muestreo. b) Lago de Sayula, Sayula, Jalisco. c) Manantial San Cristóbal, Cultzeo, Michoacán. d) Lago Cantera Oriente, Coyoacán, D.F. e) Lago Nabor Carrillo, Texcoco, Edo. de México. f) Lago Totolcingo, Puebla. Fotos de Carlos Andrés Rosas Sánchez.

Lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México

El lago Nabor Carrillo se encuentra ubicado en la zona federal del ex vaso de Texcoco, Estado de México, dentro de la Subcuenca Pachuca-Ciudad de México, entre las coordenadas 19°30' N y 99°00' O (Fig. 4). El lago está situado a 2,240 msnm, su clima es semiseco templado y tiene suelos alcalino-sódicos constituidos por arcillas (Maya-Rendón y Jiménez-Cisneros, 2002). Estos suelos presentan costras blancas cuya composición es carbonato de sodio conocido como tequesquite y afloran sobretodo en la época de sequía (DUMAC, 2005). El Lago Nabor Carrillo fue construido como parte de un proyecto del Gobierno Federal para aprovechar y restaurar racionalmente los recursos de la zona del ex vaso de Texcoco, inició su labor en 1982 para operar como vaso regulador y almacenador de aguas tratadas provenientes de la Planta de Tratamiento de aguas negras -ubicada en el costado suroeste del embalse- y de lluvia de los ríos del oriente. Por la carga orgánica que recibe se encuentra en avanzado proceso de eutroficación (Maya-Rendón y Jiménez-Cisneros, 2002; DUMAC, 2005). Esta zona cuenta con vegetación halófila -constituida por pasto salado tolerante a la elevada salinidad de los suelos- y la vegetación acuática -la más conspicua es el tular- y el lago es parte de la ruta central de migración de las aves de Norteamérica (DUMAC, 2005) (Lám. 3).

Lago Sayula, Jalisco

La provincia de la FVT cubre la mayor superficie del estado de Jalisco el cual cuenta con 20 cuencas hidrográficas (Palomera-García *et al.*, 2007). El valle de Sayula, localizado al sur de Jalisco, posee abundantes mantos acuíferos subterráneos y se localiza en el municipio del mismo nombre (Macías-Macías, 2008). El municipio de Sayula está constituido por una superficie lacustre al norte, sur y oriente por rocas sedimentarias y volcánicas; está a 1,360 msnm y su clima es semiseco. Este municipio se encuentra dentro de la cuenca Pacífico Centro, la subcuenca lago de Sayula, carece de ríos, sin embargo, hay un manantial permanente y varios arroyos que llegan de las serranías localizadas en el oriente, sur y poniente de la cabecera municipal. El lago de Sayula, que es somero, almacena el líquido durante ocho o nueve meses hasta agotarse casi por completo (Lám. 4) (Ayuntamiento de Sayula, Jalisco, 2006).

Lago Totolcingo, Puebla

La cuenca Libres-Oriental, pertenece a la FVT y es una planicie cubierta por lagos temporales y someros, donde hay agua subterránea salada. Dentro de la cuenca se encuentra una planicie de

origen lacustre cuya parte más baja está ocupada por el lago de Totolcingo (2,334 msnm). Este lago presenta afloraciones salinas de tequesquite y a su alrededor hay extensas áreas de suelos afectadas por la salinidad-alcalinidad. En las zonas más salinas sólo habita vegetación especializada con distribución zonal, que sugiere gradientes de salinidad; incluso se diferencian dos zonas de salinidad y una de transición entre ellas. El exceso de sales presentes en el suelo alteran sus propiedades y acotan el crecimiento de plantas (Arriola-Morales *et al.*, 2006) (Lám. 4).

Manantial de San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán

El lago de Cuitzeo se formó dentro de una cuenca tectónica, es el segundo vaso lacustre más grande de México (Franco *et al.*, 2011; Israde-Alcántara *et al.*, 2010). El lago se encuentra a una altitud de 1,820 msnm, su clima varía de templado subhúmedo a seco y la mayoría de su extensión pertenece al estado de Michoacán, excepto la zona noreste que corresponde al de Guanajuato (Fig. 5) (Rojas-Moreno y Novelo-Retana, 1995; Alfaro *et al.*, 2002). El lago presenta constantes variaciones del volumen de agua, contaminación con metales pesados, bacterias y fosfatos, un largo periodo de sequía, alta evaporación y concentración de sales en el agua y en el sedimento (Rojas-Moreno y Novelo-Retana, 1995). El agua superficial y subterránea de Cuitzeo, está sobreexplotada debido a los sistemas de riego, presas y requerimientos de la población, que, aunado a la sobreexplotación pesquera pone en peligro la flora y fauna del lago (Franco *et al.*, 2011; Rojas-Moreno y Novelo-Retana, 1995). El lago Cuitzeo cubría sus manantiales, actualmente su nivel ha disminuido tanto, que éstos ya están a la vista. Uno de sus manantiales y en el que se recolectó, es el de San Cristóbal que se localiza entre 19°57'41" N y 101°18'55" O (Lám. 4).

JUSTIFICACIÓN

La epibiosis es una interacción común en organismos de ambientes acuáticos, que en el caso de los ciliados epibiontes se han estudiado principalmente adheridos a crustáceos, tanto a nivel mundial como en México. Hay relativamente pocos estudios de la epibiosis entre insectos acuáticos y ciliados epibiontes y el estudio de esta relación en México se ha centrado principalmente al orden Hemiptera y a cuerpos de agua de Hidalgo. El presente trabajo pretende ampliar el registro de las especies de ciliados epibiontes sobre los insectos acuáticos en sistemas dulceacuícolas de la Faja Volcánica Transmexicana, además de registrar la distribución espacial de los epibiontes sobre los basibiontes. Los cinco cuerpos de agua estudiados son lénticos y se localizan en la Faja Volcánica Transmexicana, que es un sistema de montañas que atraviesa México de costa a costa y en ella convergen dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, por ello, es de esperarse que se registren insectos acuáticos y ciliados epibiontes provenientes de ambas zonas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir al conocimiento del sistema ciliado-insecto acuático en México registrando la presencia los ciliados epibiontes adheridos a la superficie externa de los insectos acuáticos (basibiontes) en cuerpos de agua de la Faja Volcánica Transmexicana en dos temporadas.

Objetivos particulares

- Identificar los ciliados epibiontes registrando su distribución espacial en los basibiontes.
- Determinar la temporada del año (lluvias o secas) y los cuerpos de agua con la mayor riqueza específica de ciliados epibiontes.
- Identificar los basibiontes al máximo nivel taxonómico posible tanto en estadio juvenil como adulto.
- Ampliar el registro de distribución geográfica tanto de epibiontes como de basibiontes.

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Se realizaron dos muestreos de insectos acuáticos en cuatro lagos de la FVT: Sayula, Jalisco; Totolcingo, Puebla; Nabor Carrillo, Estado de México y Cantera Oriente, D. F., además del manantial San Cristóbal, Michoacán. Se realizó un muestreo en la temporada de lluvias y otro en la temporada de secas (Cuadro 3) en el año 2011. Las recolectas se realizaron en las orillas de los cuerpos de agua, en un solo punto, con redes acuáticas de diferente abertura de malla, dependiendo de las condiciones de los lagos para muestrear, por ejemplo, en cuerpos de agua poco amplios se utilizaban redes (San Cristóbal) y en el lago Nabor Carrillo se utilizó un chinchorro para la captura de los hemípteros, los cuales se aislaban del chinchorro con redes de acuario.

Cuadro 3. Periodos de recolecta (año 2011) y tamaño de redes utilizadas.

Sitio de recolecta	Meses de recolecta	Dispositivo utilizado (abertura en mm)
Lago Cantera Oriente, D.F.	Marzo	Red 1 mm
Lago Cantera Oriente, D.F.	Agosto	Red 1 mm
Lago Nabor Carrillo, Estado de México	Junio	Chinchorro 5 mm
Lago Nabor Carrillo, Estado de México	Septiembre	Red 5 mm
Lago Sayula, Jalisco	Agosto	Manual y con red de acuario
Lago Sayula, Jalisco	Octubre	Manual y tamiz 1 mm
Lago Totolcingo, Puebla	Junio	Sin recolecta
Lago Totolcingo, Puebla	Agosto	Red 5 mm
Manantial San Cristóbal, Michoacán	Agosto	Redes 5 mm y 1 mm
Manantial San Cristóbal, Michoacán	Octubre	Red 5 mm y tamiz de 1 mm

La mitad de los insectos fueron separados manualmente por familia y se depositaron en contenedores de plástico de 250, 750 ml y de 3 litros con agua y plantas del medio, mientras la otra mitad fue fijada en alcohol etílico al 70%. En el lago Sayula y en el manantial San Cristóbal en el mes de octubre, los insectos vivos fueron aislados en contenedores de 250 y 750 ml con agua del lago, el resto de ellos colocaron en contenedores de 250 ml con cloruro de magnesio al 8% para relajar a los ciliados y posteriormente se fijaron con alcohol etílico al 70%.

Registro de parámetros fisicoquímicos

Con el oxímetro modelo YSI-55/12 FT se obtuvieron datos de temperatura y oxígeno disuelto y con el oxímetro modelo YSI 63/10 FT se registraron temperatura, pH y conductividad *in situ*.



Lámina 4. a) Método de recolecta con red de abertura de malla de 0.5 mm. b) Registro de parámetros fisicoquímicos. Fotografías cortesía de Carlos A. Rosas Sánchez.

Trabajo de laboratorio

Los insectos acuáticos se trasladaron al laboratorio de Protozoología de la Facultad de Ciencias, UNAM donde se procedió a su identificación. Los ejemplares vivos se revisaron con un microscopio estereoscópico de disección NIKON SMZ-800 y una lámpara NI-150. A los insectos acuáticos, tanto en estadio juvenil como adulto, se les registraron datos de longitud y anchura, asimismo se establecieron morfoespecies, familias y géneros. Todos los insectos acuáticos fueron minuciosamente revisados con diferentes métodos utilizando el microscopio estereoscópico de disección para registrar a los ciliados epibiontes.

En el caso de los odonatos juveniles se revisaron la cabeza, la mandíbula, el tórax, los primordios alares, los tres pares de patas y el abdomen que fue disectado y puesto dentro en una caja de Petri. Los hemípteros, tanto en estadio juvenil como adulto, se disectaron en una caja de Petri con agua del medio y se les revisaron los ojos, estilete, antenas, tórax, los tres pares de patas, hemiélitros, alas membranosas y esternitos abdominales. Los coleópteros acuáticos juveniles y adultos se disectaron en una caja de Petri con agua del medio. A los juveniles se les revisó la cabeza (mandíbulas, ojos), el tórax con los tres pares de patas y los esternitos abdominales. A los coleópteros adultos se les revisaron las antenas, anténulas, ojos, mandíbulas, pronoto, los tres pares de patas, quilla (cuando estaba presente), élitros, alas membranosas y los esternitos abdominales.

Los artejos de los hemípteros y coleópteros, tanto inmaduros como adultos, se revisaron en un portaobjetos excavado y con agua del medio, fueron observados con un microscopio óptico ZEISS en contraste de fases y campo claro para localizar a los ciliados epibiontes y registrar su distribución. Los ciliados epibiontes se ubicaron taxonómicamente, se esquematizaron y se obtuvieron los datos morfométricos de los caracteres utilizados cotidianamente para su identificación, de acuerdo al taxón, como longitud y anchura del pedúnculo y del zooide o trofote (para ambos grupos), abertura peristomal (peritricos) y longitud y anchura de tentáculos (suctores).

Los peritricos y suctores vivos y adheridos a los artejos fueron sumergidos en cloruro de magnesio al 8% para relajarlos y facilitar la identificación después de su fijación con alcohol etílico al 70%. Los artejos con ciliados fueron depositados y etiquetados en viales para posteriormente procesarlos con las técnicas micrográficas.

Técnicas micrográficas

Las técnicas micrográficas de tinción (hematoxilina de Harris) (Aladro-Lubel y Reyes-Santos, 2009) e impregnación argéntica (protargol de Foissner) (Foissner, 1991) se realizaron de dos formas, dependiendo de si los ciliados se aislaban del artejo, o bien, si se mantenían adheridos a éste. Aquellos ciliados que se aislaron del artejo se adhirieron a una fina capa de albúmina de Mayer a un portaobjeto previamente cubierto y se les goteó alcohol-formol 1:1 para mejorar su adhesión. Posteriormente, en cajas de Petri se realizó la técnica apropiada de tinción o impregnación con plata incluyendo deshidratación y montaje. Los ciliados que se mantuvieron adheridos a los artejos se colocaron en un portaobjetos excavado donde se realizó todo el procedimiento incluyendo la deshidratación, esta última se llevó a cabo en un tren de alcoholes en cajas de vidrio. Las preparaciones se montaron con bálsamo de Canadá.

Registro microfotográfico de los ciliados epibiontes

El registro microfotográfico se realizó con una cámara digital NIKON DIGITAL SIGHT DS2Mv adaptada a un microscopio NIKON LABOPHOT-2, además de un microscopio OLYMPUS PROVIS AX70. Estas preparaciones se catalogaron y depositaron en la colección del laboratorio de Protozoología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Registro fotográfico de insectos acuáticos

Algunos ejemplares de insectos acuáticos se utilizaron para el registro fotográfico con un microscopio NIKON MULTIPHOT, colocándose en un stand de copiado. Se utilizaron diferentes diafragmas, lentes y compensación de la luz, dependiendo del tamaño, coloración y profundidad del cuerpo de los insectos.

RESULTADOS

Se identificaron doce especies de ciliados epibiontes -tres corresponden a suctores y nueve a peritricos- adheridos a los diferentes insectos acuáticos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera y Odonata en los muestreos efectuados durante el año 2011. La distribución espacial de los ciliados epibiontes en los insectos acuáticos por localidad y temporada estacional se muestra en el Cuadro 4.

En el lago artificial de Cantera Oriente, D. F., en marzo (temporada de secas) se observaron a *Discophrya elongata*, adherida a *Notonecta* sp. 2 y *D. lichtensteinii*, *Periacineta mexicana* y *Vorticella* sp. adheridas a *Buenoa* sp. En el muestreo de agosto *P. mexicana* fue la única especie registrada.

En el lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México, en junio (temporada de secas) se registraron los peritricos *Opercularia microdiscum* y *Vorticella convallaria* en coríxidos. En septiembre (temporada de lluvias) se encontró a *Opercularia longigula* como epibionte de coríxidos y de *Notonecta* sp.1.

En el lago Sayula, Jalisco, sólo en un temporada de lluvias (agosto) se registraron *Epistylis anastatica* y *Opercularia coarctata*, ambos peritricos epibiontes en un anisóptero.

El lago temporal de Totolcingo, Puebla, estuvo seco en junio aunque en la temporada de lluvias (septiembre) se recolectaron coríxidos, sin embargo, no se registraron epibiontes.

En el manantial de San Cristóbal, Michoacán, en la temporada de lluvias (agosto) se registraron *Epistylis* sp. 1 y *Opercularia longigula* como epibiontes de *Belostoma* sp. En la recolecta correspondiente a la temporada de secas (octubre) se registraron *Epistylis* sp. 2, sobre *Ranatra* sp.; *Opercularia longigula* en *Belostoma* sp. 1 y *Orbopercularia* sp. sobre *Tropisternus* sp.

El mayor número de especies de ciliados epibiontes e insectos acuáticos se encontró en el manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán, con cuatro especies de peritricos y tres géneros de insectos: *Orbopercularia* sp. en *Tropisternus* sp.; *Epistylis* sp. 2 sobre *Ranatra* sp. y *Epistylis* sp. 1 y *Opercularia longigula*, adheridos a *Belostoma* sp.

En la temporada de lluvias (correspondiente a agosto y septiembre) se observaron cinco especies de ciliados epibiontes (*Periacineta mexicana*, *Epistylis anastatica*, *Opercularia coarctata*, *Epistylis* sp. 1 y *O. longigula*), mientras que en la temporada de secas (correspondiente a los meses marzo,

junio y octubre) se identificaron nueve especies de ciliados epibiontes (*Discophrya elongata*, *D. lichtensteinii*, *P. mexicana*, *Opercularia microdiscum*, *Vorticella convallaria*, *Vorticella* sp., *Orbopercularia* sp., *Epistylis* sp. 2 y *Opercularia longigula*).

La especie *Opercularia longigula* se encontró en dos cuerpos de agua, en el manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán y en el lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México, adherida a diferentes basibiontes, en el manantial se registró en *Belostoma* sp. y en el lago se halló en coríxidos y en *Notonecta* sp. 1.

Cuadro 4. Sitios de implantación de las doce especies de ciliados epibiontes en los diferentes insectos.

		Basibionte										
		Coleoptera		Odonata		Hemiptera						
Epibionte		Hydrophilidae	"Anisoptera"	Corixidae		Belostomatidae		Nepidae		Notonectidae		
		<i>Tropisternus</i> sp.				<i>Belostoma</i> sp.		<i>Ranatra</i> sp.	<i>Buenoa</i> sp.	<i>Notonecta</i> sp. 1	<i>Notonecta</i> sp. 2	
		San Cristóbal Octubre	Sayula Agosto	Nabor Carrillo Junio Septiembre		San Cristóbal Agosto Octubre		San Cristóbal Octubre	Cantera Oriente Marzo Agosto		Nabor Carrillo Septiembre	Cantera Oriente Marzo
Suctorea	<i>Discophrya elongata</i>											A lo largo de las seis patas
	<i>Discophrya lichtensteinii</i>											Fémur pata media
	<i>Periacineta mexicana</i>											Fémures de patas medias Zona posterior del hemiélitro derecho
Peritrichia	<i>Epistylis</i> sp. 1											Pata anterior
	<i>Epistylis</i> sp.2											Fémur de pata anterior izquierda
	<i>Epistylis anastatica</i>	Cabeza, tórax, primordios alares, esternitos abdominales										
	<i>Opercularia coarctata</i>	Fémures patas medias, tibia de la pata media izquierda y fémur de la posterior derecha										
	<i>Opercularia longigula</i>											Zona posterior del hemiélitro derecho Tibia de pata anterior izquierda; cerca de pata anterior derecha; fémur y trocánter de la pata media izquierda; trocánter de la pata posterior izquierda, tórax, abdomen. Margen lateral del tórax
	<i>Opercularia microdiscum</i>											Zona posterior de ala derecha
	<i>Orbopercularia</i> sp. 1	Articulaciones de fémur y tibia de patas medias y posteriores										
	<i>Vorticella</i> sp. 1											Fémur pata media izquierda
	<i>Vorticella convallaria</i>											Zona posterior de alas

Taxonomía de ciliados

A continuación se muestra el arreglo taxonómico de los suctores de acuerdo a Dovgal (2002) y de los peritricos correspondientes a Lowell y Finley (1931) y Lynn (2008).

Posición taxonómica

Suctores (Dovgal, 2002)

Phylum Ciliophora Doflein, 1901

Subphylum Epiplasmata de Puytorac *et al.*, 1993

Clase Suctorea Claparède et Lachmann, 1859

Subclase Evaginogenia Jankowski, 1978

Orden Discophryida Jankowski, 1975

Familia Discophryidae Collin, 1912

Género *Discophrya* Lachmann, 1859

Discophrya elongata (Claparède et Lachmann, 1859) Collin, 1912

Discophrya lichtensteinii (Claparède et Lachmann 1858-59) Collin, 1912

Familia Periacinetidae Jankowski, 1978

Género *Periacineta* Collin, 1909

Periacineta mexicana Mariño-Pérez *et al.*, 2010

Peritricos (Lowell y Finley, 1931 y Lynn, 2008)

Phylum Ciliophora Doflein, 1901

Suphylum Intramacronucleata Lynn, 1996

Clase Oligohymenophorea de Puytorac *et al.*, 1974

Subclase Peritrichia Stein, 1859

Orden Sessilida Kahl, 1933

Familia Epistylididae Kahl, 1933

Género *Epistylis* Ehrenberg, 1830

Epistylis sp. 1

Epistylis sp. 2

Epistylis anastatica (Linnaeus, 1767) Ehrenberg, 1830

Familia Operculariidae Fauré-Fremiet en Corliss, 1979

Género *Opercularia* Goldfuss, 1820

Opercularia coarctata (Claparède et Lachmann, 1858) Roux, 1901

Opercularia longigula Nenninger, 1948

Opercularia microdiscum Fauré-Fremiet, 1961

Género *Orbopercularia* Lust en Guhl, 1979

Orbopercularia sp. 1

Familia Vorticellidae Ehrenberg, 1838

Género *Vorticella* Linnaeus, 1767

Vorticella sp. 1

Vorticella convallaria- complejo

Consideraciones morfológicas de las especies de ciliados epibiontes

Discophrya elongata (Claparède et Lachmann, 1859) Collin, 1912 (Lám. 5)

Discophrya elongata fue observado con una morfología variable, se encontraron formas muy alargadas adheridas a las setas de las patas anteriores, medias y en las posteriores se localizaron en el fémur y la tibia. Los pedúnculos de los individuos adheridos a las setas fueron largos y delgados con un disco basal poco conspicuo. En algunos individuos se observaron tentáculos laterales, aunque predominaron los apicales. *Discophrya elongata* se encontró adherido también a la superficie de la pata, entre las hileras de setas, orientados en la misma dirección de las setas. No se registraron individuos juveniles y en todos los trofontes observados el macronúcleo fue consistentemente alargado, paralelo al eje mayor de la célula y en posición central. Esta especie se registró en la Cantera Oriente en el mes de marzo sobre *Notonecta* sp. 2 (Cuadro 4). Los trofontes de *D. elongata* midieron de 28.6 a 114.4 μm de longitud y 21.5 a 42.9 μm de ancho y los pedúnculos tuvieron una longitud aproximada de 14.3 μm .

Los registros anteriores de *Discophrya elongata* para México corresponden al Distrito Federal e Hidalgo. En el Distrito Federal se registró en el lago Cantera Oriente, aunque no se especificó sustrato (Aladro-Lubel *et al.*, 2007). Para el registro en Hidalgo, los individuos de *Discophrya elongata* se reportaron sobre *Corisella edulis* y *Notonecta unifasciata* de Tecamatlán. Los individuos adheridos a *C. edulis* tuvieron una longitud de 29.9 μm , un ancho de 13.6 μm y aquellos implantados en *N. unifasciata* presentaron una longitud de 67.4 μm y un ancho de 23.8 μm (Mariño-Pérez *et al.*, 2011b).

En los registros previos de esta especie se menciona a *Lymnaea*, *Planorbis*, *Paludina*, *Nepa cinerea*, *Ranatra linearis*, *Hydrous*, *Cybister*, *Dytiscus*, *Berosus*, *Tropisternus* y *Belostoma* como basibiontes de *D. elongata* con dimensiones de 26 a 132 μm de longitud y 17 a 48 μm de ancho (Matthes *et al.*, 1988).

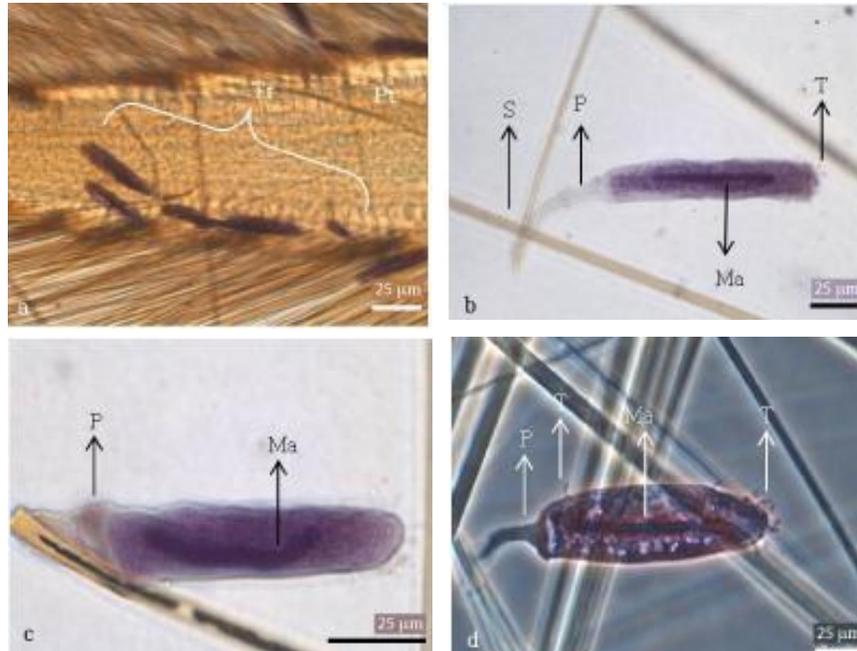


Lámina 5. *Discophrya elongata* en técnica de hematoxilina de Harris. a) Trofontes sobre pata en campo claro. b-c) Individuos adheridos a setas, donde se aprecian las variaciones de la forma de los trofontes en campo claro. d) Trofante en contraste de fases mostrando pedúnculo, tentáculos (laterales y apicales) y macronúcleo en banda.

[Ma= macronúcleo, P= pedúnculo, Pt= pata, S= seta, T= tentáculos, Tr= trofante].

Discophrya lichtensteinii (Claparède et Lachmann 1858-59) Collin, 1912 (Lám. 6)

El suctor *Discophrya lichtensteinii* se observó con forma esférica y un pedúnculo relativamente corto y poco conspicuo. Su macronúcleo fue esférico y los tentáculos cortos se observaron distribuidos alrededor de la célula sin un patrón. Esta especie se registró en la Cantera Oriente, durante el mes de marzo, sobre *Buena* sp. en la seta del fémur de la pata media con medidas de 17.5 μm de diámetro, el macronúcleo de 7 μm , un pedúnculo con longitud de 10.5 μm y los tentáculos de 3.5 μm de longitud.

Algunos géneros y especies que han sido registrados como basibiontes de *D. lichtensteinii* son *Brychius*, *Cybister*, *Dytiscus*, *Graphoderes*, *Haliplus*, *Peltodytes*, *Potamonectes*, *Hyphydrus ovatus* y *Coelambus impressopunctatus* donde el trofote presentó dimensiones de 21 a 180 μm de longitud y de 29 a 169 μm de ancho (Matthes *et al.*, 1988).

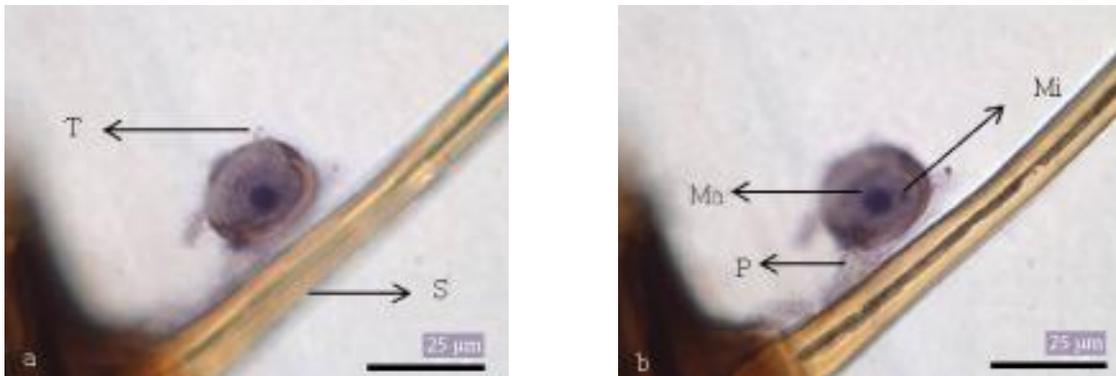


Lámina 6. *Discophrya lichtensteinii* en técnica de hematoxilina de Harris y en campo claro. a) Trofote adherido a la seta, se aprecian los tentáculos. b) Se observa el macronúcleo, el micronúcleo y el pedúnculo.

[Ma= macronúcleo, Mi= micronúcleo, P= pedúnculo, S= seta, T= tentáculos].

Periacineta mexicana Mariño-Pérez, Mayén-Estrada y Dovgal, 2010 (Lám. 7)

Periacineta mexicana presenta una loriga con surcos transversales evidentes. La célula sobresale de la loriga en la zona apical y los tentáculos están dispuestos irregularmente. El macronúcleo en los trofontes maduros observados fue alargado, paralelo al eje antero-posterior de la célula y en la zona apical presenta un ligero ensanchamiento. Se observaron como trofontes solitarios en las setas de los fémures de las patas medias de *Buenoa* sp. (marzo en Cantera Oriente) con 45 a 56 μm de longitud y de 10 a 56 μm de ancho; la longitud de la loriga fue de 38 a 73 μm y su anchura fue de 17 a 24 μm . El macronúcleo midió de 17 a 28 μm de longitud y 3.5 a 8 μm de ancho. Se observaron también pseudocolonias hiperforéticas con seis individuos en la recolecta de agosto en la misma localidad y adheridos a la región posterior dorsal del hemiélitro derecho de *Buenoa* sp.

Se registró previamente en los primeros dos pares de patas de *Buenoa pallens* y *Buenoa* spp. en Hidalgo con un intervalo de longitud de 75 a 168 μm , y una anchura de 22 a 84 μm ; la longitud de la loriga fue de 51 a 115 μm y su anchura de 22 a 84 μm ; las dimensiones (longitud y anchura) del macronúcleo fueron de 28 a 84 μm por 2.8 a 14 μm , respectivamente (Mariño-Pérez et al., 2010).

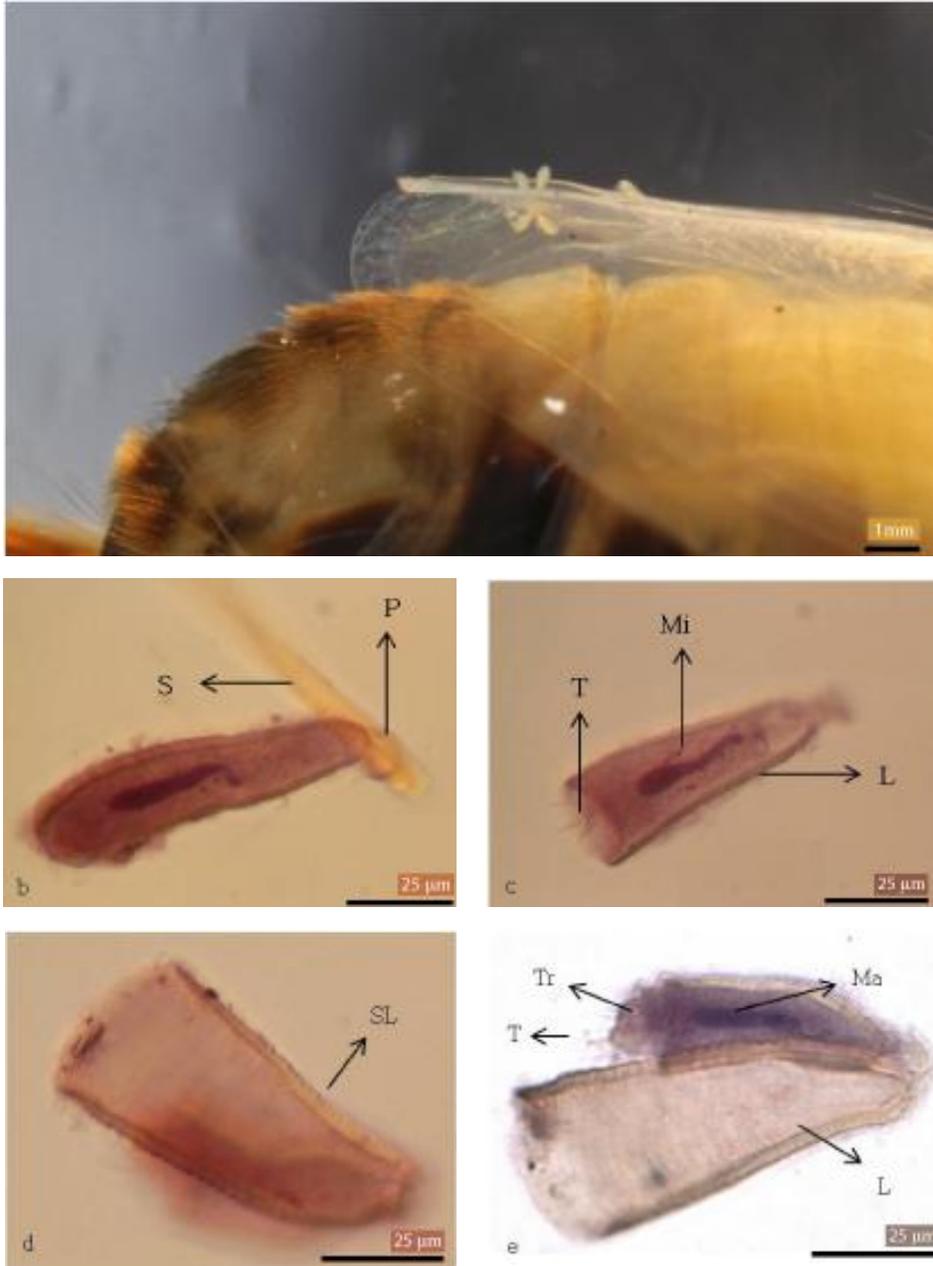


Lámina 7. *Periacineta mexicana* sobre *Buenoa* sp. a) Pseudocolonia y trofante adheridos a hemiólito. b-e) Individuos teñidos con hematoxilina de Harris y en campo claro. b) Trofante adherido a seta mediante el pedúnculo. c) Trofante donde se resalta la loriga, micronúcleo, tentáculos. d) Loriga vacía donde se aprecian sus surcos. e) Trofante con tentáculos expuestos (fuera de la loriga) y macronúcleo.

[L= loriga, Ma= macronúcleo, Mi= micronúcleo, P= pedúnculo, Pt= pata, S= seta, SL= surcos de loriga, T= tentáculos, Tr= trofante].

***Epistylis* spp.** (Lám. 8, 9)

Se observaron dos especies de *Epistylis* en el manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán.

***Epistylis* sp. 1**

Epistylis sp. 1 se registró en la pata anterior de *Belostoma* sp. (Lám. 8). Esta colonia presentó un pedúnculo largo (210 μm) con la primer dicotomía notoria, el resto de ellas no se distinguieron claramente debido al sobrelapamiento de los pedúnculos. Las medidas de los zooides de la única colonia observada fueron de 44 a 45 μm de longitud y 30 a 31 μm de ancho.



Lámina 8. *Epistylis* sp. 1 en campo claro. a) Colonia in vivo con zooides contraídos. b) Zooide con hematoxilina de Harris donde se distinguen labio contraído y macronúcleo en banda.

[Lc= labio contraído, Ma= macronúcleo, P= pedúnculo, Z= zooides].

***Epistylis* sp. 2**

En el mes de octubre, en el fémur de la pata anterior izquierda de *Ranatra* sp., se observó a *Epistylis* sp. 2 (Lám. 9). La primera dicotomía de esta colonia estuvo cercana al disco basal y la siguiente ramificación a corta distancia de la primera. Cerca de los zooides ya no fue posible distinguir la ramificación, por el acomodo de los mismos. El pedúnculo presenta finas estrías longitudinales. El macronúcleo está situado en posición transversal a la célula en la región media del zooides y tiene forma de banda. La película estuvo estriada transversalmente. La longitud del pedúnculo fue de 112 μm y su anchura de 8.4 μm ; los zooides midieron de 42 a 61.6 μm de longitud y su anchura fue de 22.4 a 28 μm .

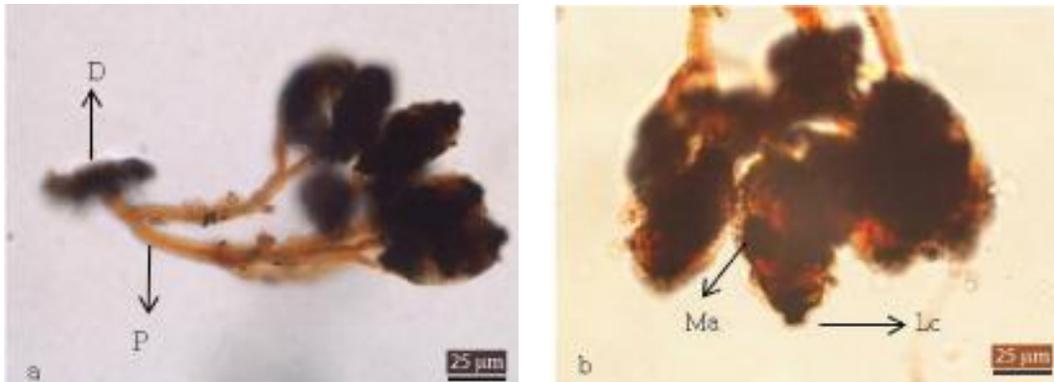


Lámina 9. *Epistylis* sp. 2. a-b) Colonia impregnada con protargol de Foissner y en campo claro. a) Colonia donde se resaltan el disco basal y pedúnculo. b) Se destaca el labio contraído y el macronúcleo en banda.

[D= disco basal, Lc= labio contraído, Ma= macronúcleo, P= pedúnculo

Epistylis anastatica (Linnaeus, 1767) Ehrenberg, 1830 (Lám. 10)

Se observaron colonias altas (2 mm de longitud total) de *Epistylis anastatica*, con pedúnculos largos y los zooides dispuestos a diferente altura. El macronúcleo en banda estuvo situado en la mitad anterior del zooides en diferentes posiciones. La película presentó estrías transversales. El pedúnculo fue grueso y muy largo (cerca de 1 mm), la primer dicotomía estuvo próxima al disco basal. El resto de las dicotomías se observaron a diferente altura, pero no fueron escalonadas. La longitud de los zooides fue de 58 a 102 μm , el ancho estuvo en un intervalo de 29 a 58 μm , la longitud de los pedúnculos osciló entre 116 a 233 μm y su ancho fue de 14 μm .

Epistylis anastatica se observó en un anisóptero en la recolecta de agosto en el lago Sayula, Jalisco, en la cabeza, el tórax, en los primordios alares en la región dorsal, en los últimos esternitos abdominales, en las zonas laterales del tórax y en la pata posterior izquierda en la región ventral.

Los registro previos de *E. anastatica* en copépodos y cladóceros, y el alga *Cladophora* fueron realizados por Stiller (1971) con zooides en un rango de 70 a 90 μm y la colonia con una altura de 1.5 mm.

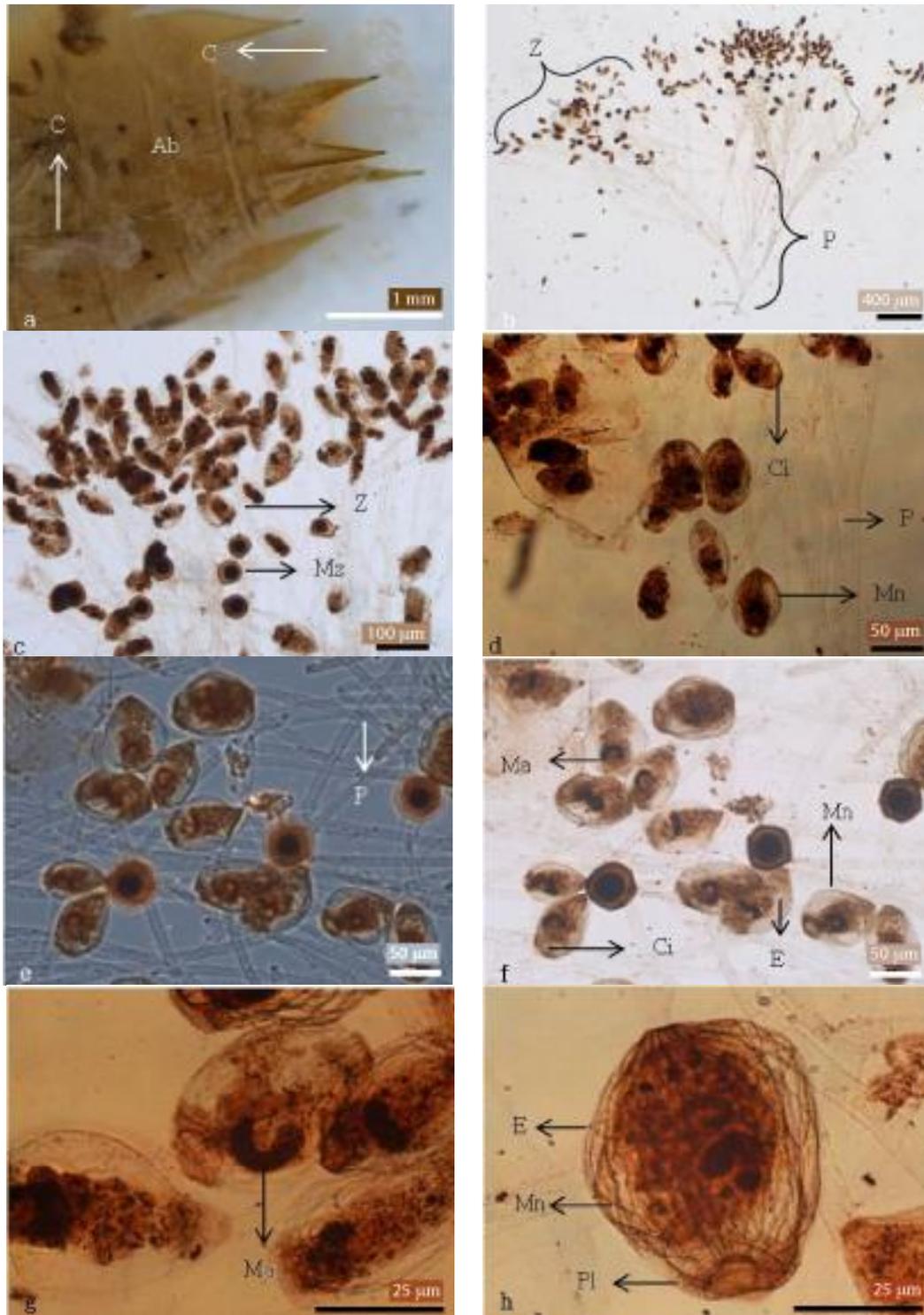


Lámina 10. *Epistylis anastatica*. a) Colonias sobre abdomen del odonato. b,c,f,g) En campo claro. b) Colonia. c) Zooides y macrozooides. d-h) Técnica micrográfica protargol de Foissner. d) Citostoma, mionemas y pedúnculo, en contraste diferencial de interferencia. e) Pedúnculos en contraste de fases. f) Citostoma, escópula, mionemas y macronúcleo en banda. g) Macronúcleo. h) Zooide con escópula, cinetias orales, mionemas y pellicula en contraste diferencial de interferencia.

[Ab= abdomen, E= escópula, Ci= citostoma, Mn= mionemas, Mz= macrozooides, P=pedúnculo, Pl= pellicula, Z= zooides].

Opercularia coarctata (Claparède et Lachmann, 1858) Roux, 1901 (Lám. 11)

Las colonias de *Opercularia coarctata* se observaron con una sola dicotomía y con tres a seis zooides. Los zooides presentaron un macronúcleo en banda en posición transversal en la región media de la célula: el descenso de la haplocinetia y las policinetias fue en diagonal. La longitud de los zooides osciló entre 42 y 57 μm , el ancho de 21 a 28 μm , y la longitud del pedúnculo fue de 85 a 143 μm .

Esta especie se registró en el anisóptero capturado en el lago Sayula, Jalisco (agosto) en el fémur de la pata media derecha, en el fémur y tibia de la pata media izquierda y en el fémur de la pata posterior derecha.

Sus registros previos en México corresponden a aguas con materia orgánica en descomposición, lagos de oxidación, lodos activados y filtros percoladores, en donde se adhieren a detritos y grumos bacterianos y sus datos morfométricos son: para el zooide de 60 a 75 μm con un ancho de 20 a 25 μm , con ramas de 60 a 100 μm (Luna-Pabello, 1990, 2006).

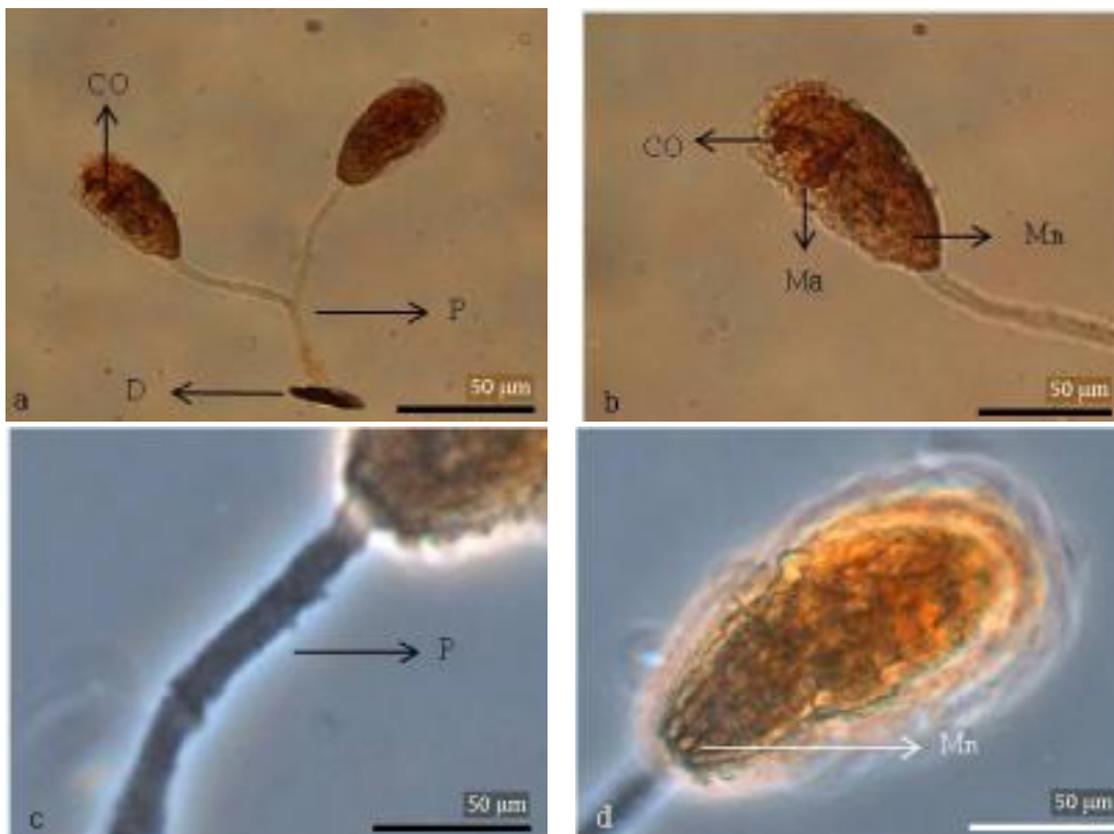


Lámina 11. *Opercularia coarctata* con protargol de Foissner. a-b) En campo claro. a) Colonia. b) Se resaltan cinetias orales, macronúcleo y micronúcleo. c-d) En contraste de fases. c) Pedúnculo. d) Zooide con mionemas.

[CO= cinetias orales, D= disco basal, Ma= macronúcleo, Mn= mionemas, P= pedúnculo].

Opercularia longigula Nenninger, 1948 (Láms. 12, 13)

En la colonia de *Opercularia longigula* la última bifurcación fue muy corta aparentando la implantación de dos zooides pero se observaron colonias con bifurcaciones más largas. El pedúnculo presentó unas estriaciones longitudinales finas y algunas transversales, casi imperceptibles en la zona basal del pedúnculo. El patrón de mionemas –observado más frecuentemente en la segunda mitad de la célula- inició en la parte basal de las mismas como una sola línea y se ramificó diagonalmente hacia el ápice de la célula. El macronúcleo en banda, acomodado transversalmente, estuvo situado en la primera mitad de los zooides.

Opercularia longigula se encontró en dos localidades: el lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México y el manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán. En el primer lago se registró una colonia en el margen posterior del hemiélitro derecho de un corixido, en el mes de septiembre. Ese mismo mes, pero en un individuo de *Notonecta* sp 1. se registraron colonias de *O. longigula* en los fémures de las patas anteriores, así como la tibia de la pata anterior derecha, en el fémur y la tibia de la pata media izquierda y en el fémur, la tibia y la uña de la pata posterior izquierda (Cuadro 4). Las colonias completas midieron de 500 a 770 μm , los zooides de 57.2 a 70 μm y su anchura osciló entre 35 y 42.9 μm (Lám. 12).

En San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán en la recolecta de agosto, se registró a *O. longigula* en *Belostoma* sp. en el fémur y trocánter de la pata media izquierda y en el trocánter de la pata posterior izquierda. También se observó en la tibia izquierda de la pata anterior y cerca de la coxa de la pata anterior derecha, en la zona lateral derecha del tórax y en la región ventral del abdomen (Cuadro 4). En el mismo basibionte y lago, pero en el mes de octubre, *O. longigula* se observó en el margen lateral izquierdo del tórax a la altura de la pata media (Lám. 13).

La altura de las colonias de *Belostoma* sp. del mes de agosto fue de 245-350 μm , el intervalo de longitud de los zooides fue de 52.5 a 87.5 μm , el ancho de los mismos osciló entre 21 y 35 μm , los pedúnculos midieron de 3.5 a 14 μm de ancho y de 157 a 280 μm de longitud.

El registro previo lo realizó Nenninger (1948) en *Cyclops fuscus* con zooides que tuvieron una longitud de 85 μm .

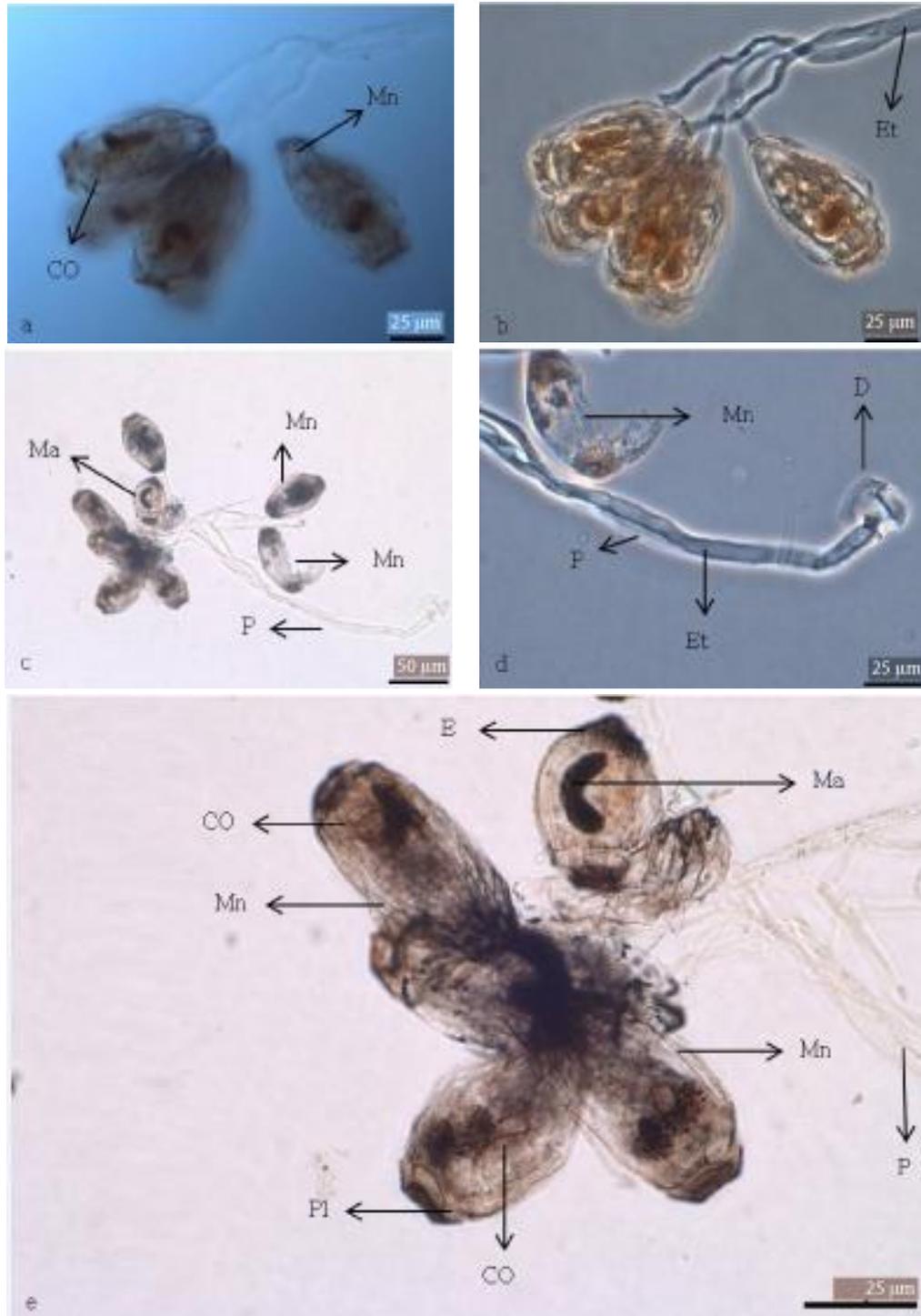


Lámina 12. *Opercularia longigula* (Lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México) con protargol de Foissner. a) Zooides donde se resaltan cinetias orales y mionemas en contraste diferencial de interferencia. b) Pedúnculo de la colonia con las estriaciones longitudinales en contraste de fases. c) Colonia con pedúnculo y zooides con macronúcleo y mionemas, en contraste de fases. d) Pedúnculo con estriaciones y disco basal, zooides con mionemas en contraste de fases. e) Zooides con cinetias orales, escópula, macronúcleo, mionemas, pellicula y se observa el pedúnculo.

[CO= cinetias orales, D= disco basal, E= escópula, Et= estriaciones, Ma= macronúcleo, Mn= mionemas, P= pedúnculo, Pl= pellicula].

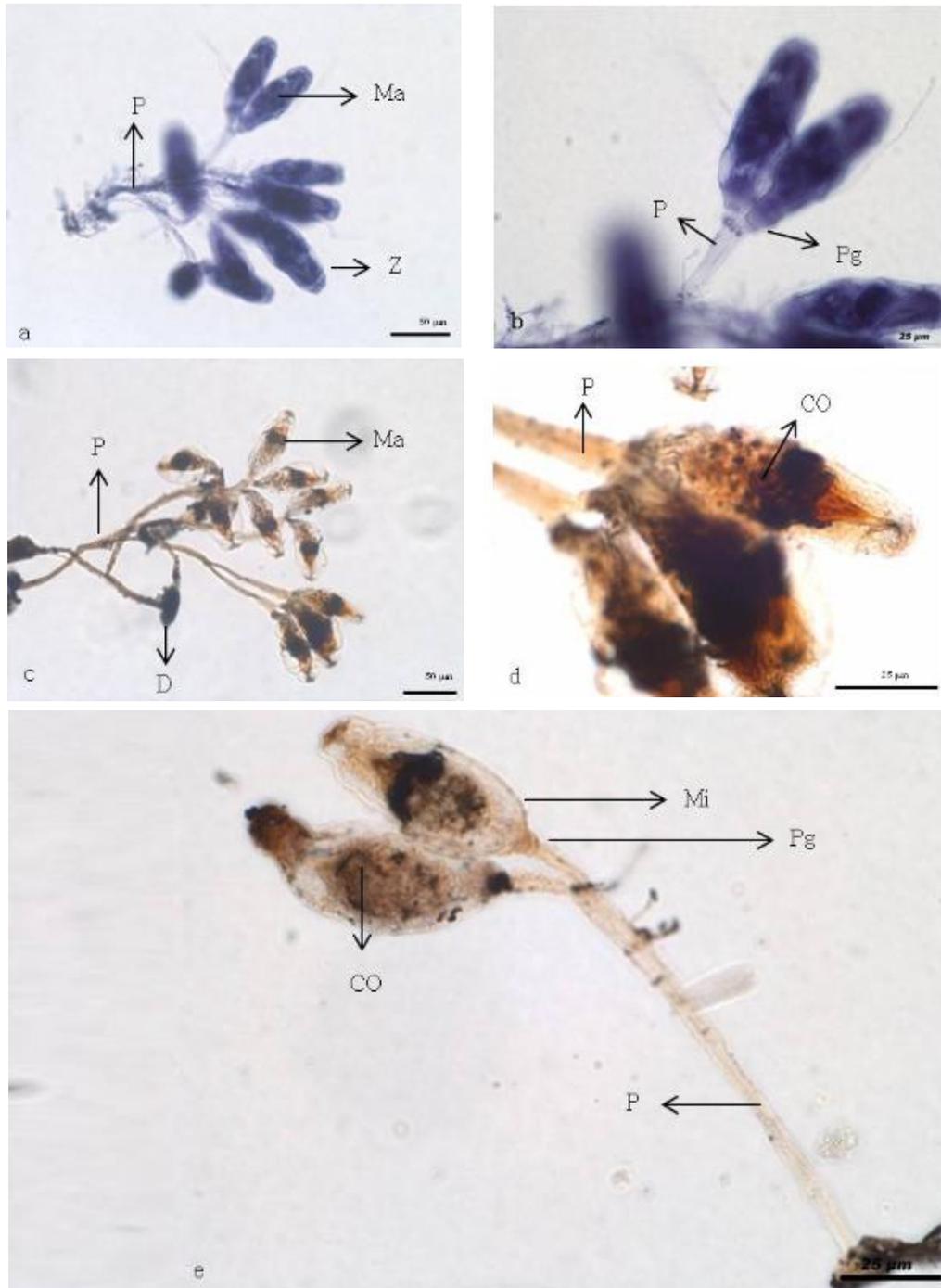


Lámina 13. *Opercularia longigula* (Manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán) y en campo claro. a-b) Colonia con hematoxilina de Harris. a) Se resalta el pedúnculo, macronúcleo en banda y la forma del zooide. b) Se observa la división del pedúnculo y los pliegues de la región aboral del zooide. c-e) Colonias impregnadas con protargol de Foissner y en campo claro. c) En la colonia se resalta el pedúnculo, disco basal y el macronúcleo. d) Se resaltan los pedúnculos y la ciliatura oral. e) Se observa la ciliatura oral, los mionemas, los pliegues en la región aboral del zooide y el pedúnculo.

[CO= cinetias orales, D= disco basal, Ma= macronúcleo, Mn= mionemas, P= pedúnculo, Pg= pliegues, Z= zooides].

Opercularia microdiscum Fauré-Fremiet, 1961 (Lám. 14)

En las colonias de esta especie se observaron zooides relativamente alargados y pedúnculos delgados, no contráctiles, que justo debajo de la unión con el zooide presentaron un adelgazamiento a manera de abrazadera. El macronúcleo en banda se encontró transversalmente acomodado y en el primer tercio de la célula. La longitud de los zooides osciló entre 59 y 80.5 μm , su anchura de 24.5 a 31.5 μm y la longitud de los pedúnculos fue de 7 a 105 μm .

Los individuos de esta especie se distribuyeron en la zona distal de un ala membranosa (derecha) de un corixido (morfoespecie 1) del lago Nabor Carrillo de la recolecta de junio.

Stiller (1971) registró a *O. microdiscum* en *Eristalis tenax* con zooides de 70-90 μm . En Ciudad Universitaria, D.F. se observó en un reactor de biodiscos, en materia orgánica en descomposición, filtros percoladores y lodos activados, adhiriéndose a detritos y grumos bacterianos. Las colonias midieron de 0.5 a 1 mm, los zooides de 50 a 90 μm y el pedúnculo de 60 a 70 μm (Luna-Pabello, 1990).

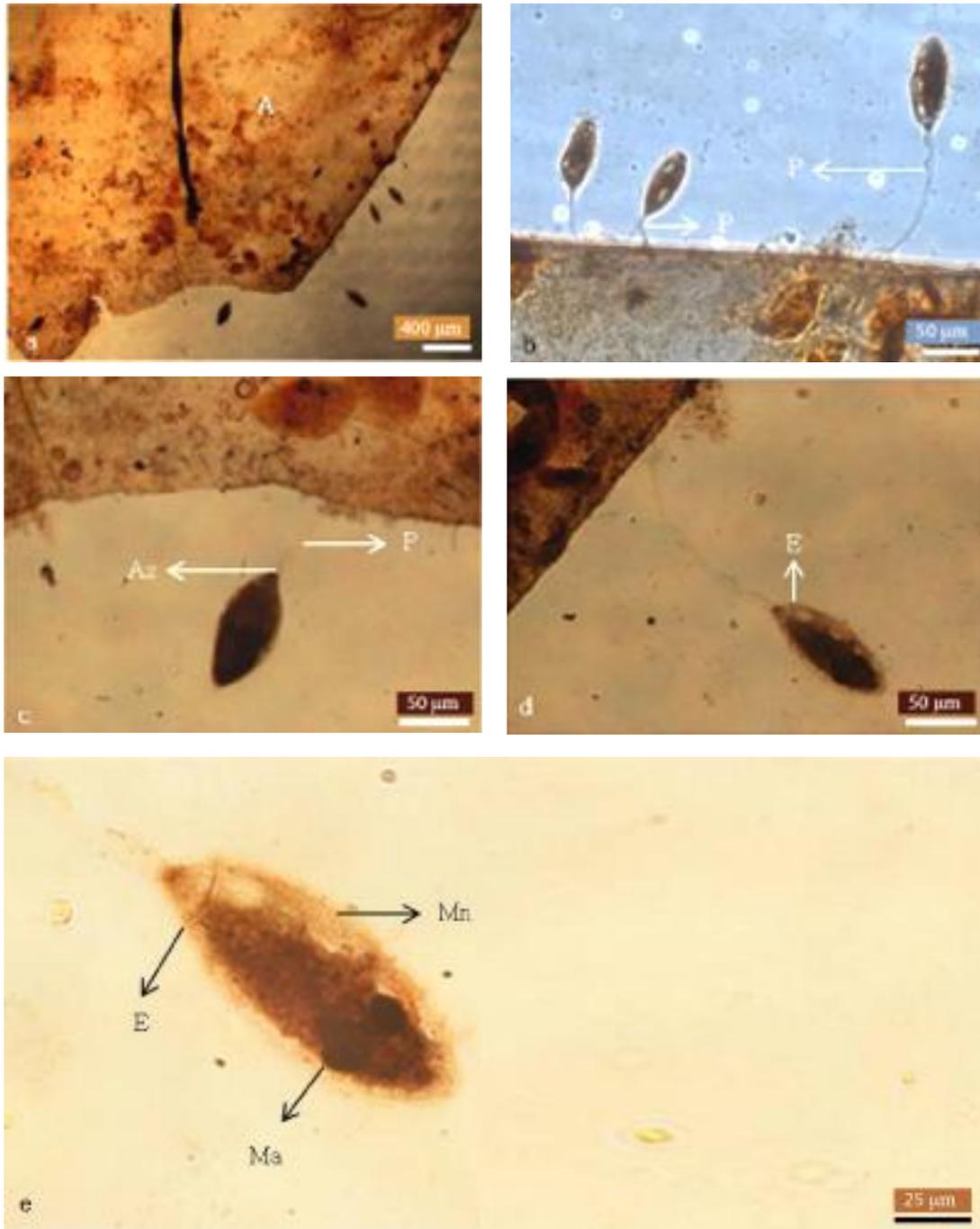


Lámina 14. *Opercularia microdiscum* con protargol de Foissner. a) Zooides en el ala de corixido en campo claro. b) Individuos donde se resaltan los pedúnculos con contraste de fases. c) Individuo donde se distingue la "abrazadera" del pedúnculo del resto del mismo en contraste diferencial de interferencia. d) Zooide donde se destacan la escópula en contraste diferencial de interferencia. e) En el zooide se distinguen escópula, mionemas y macronúcleo en banda en campo claro.

[A= ala, Az= abrazadera, CO= cinetias orales, D= disco basal, E= escópula, Ma= macronúcleo, Mn= mionemas, P= pedúnculo].

***Orbopercularia* sp. 1** (Lám. 15)

Se registró a *Orbopercularia* sp. 1 con un pedúnculo primario corto que se ramificó dicotómicamente hacia los lados y en cada bifurcación se observaron dos zooides, uno detrás del otro. Los zooides fueron alargados y esbeltos, con un macronúcleo esférico central y un micronúcleo cercano a él. La altura total de la colonia fue de 42 μm , la longitud de los zooides estuvo en un intervalo de 24 y 25 μm y su anchura fue de 10 a 11 μm .

La especie se registró en la zona interna entre el fémur y la tibia de las patas medias y las posteriores, derechas e izquierdas de *Tropisternus* sp. del manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán en octubre.



Lámina 15. *Orbopercularia* sp. 1 con hematoxilina de Harris en contraste diferencial de interferencia. a) Colonia con zooides, macronúcleo, micronúcleo y pedúnculo.

[Ma= macronúcleo, Mi= micronúcleo, P= pedúnculo, Z= zooides].

***Vorticella* sp. 1** (Lám. 16)

El género *Vorticella* se distingue porque sus individuos (solitarios) denominados zooides, poseen un pedúnculo contráctil, su macronúcleo en banda se encuentra en diferentes posiciones en la célula. En el lago de Cantera Oriente se halló un ejemplar de *Vorticella* sp. 1, sobre el fémur de la pata izquierda de *Buenoa* sp. encontrada en el mes de marzo. El pedúnculo contraído midió 8.4 μm de longitud, el zooide contraído, casi esférico, midió 25.2 x 28 μm . El macronúcleo en banda fue prominente. La película se observó estriada transversalmente.



Lámina 16. *Vorticella* sp. con hematoxilina de Harris y en campo claro. a) Zooide que muestra macronúcleo, micronúcleo, película y pedúnculo.

[Lc= labio contraído, Ma= macronúcleo, P= pedúnculo, Pl= película].

Vorticella convallaria –complejo (Lám. 17)

Esta especie presenta una notoria variabilidad intraespecífica (Foissner *et al.*, 1992), por lo que incluye varios morfotipos que se acomodaron en un complejo.

Los individuos de *Vorticella convallaria* observados presentaron el macronúcleo acomodado en la célula tanto transversal como longitudinalmente, sin embargo, las estriaciones peliculares, las tallas, la forma de la contracción de los organismos y las cinetias orales, fueron similares. Las medidas de *V. convallaria* fueron: 57.2 μm de longitud, 42.9 μm de ancho, 100 a 114 μm de longitud del pedúnculo contraído. Esta especie se encontró en las zonas distales de ambas alas membranosas -con mayor abundancia en la izquierda- de individuos de la familia Corixidae de la recolecta de junio en el Lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México.

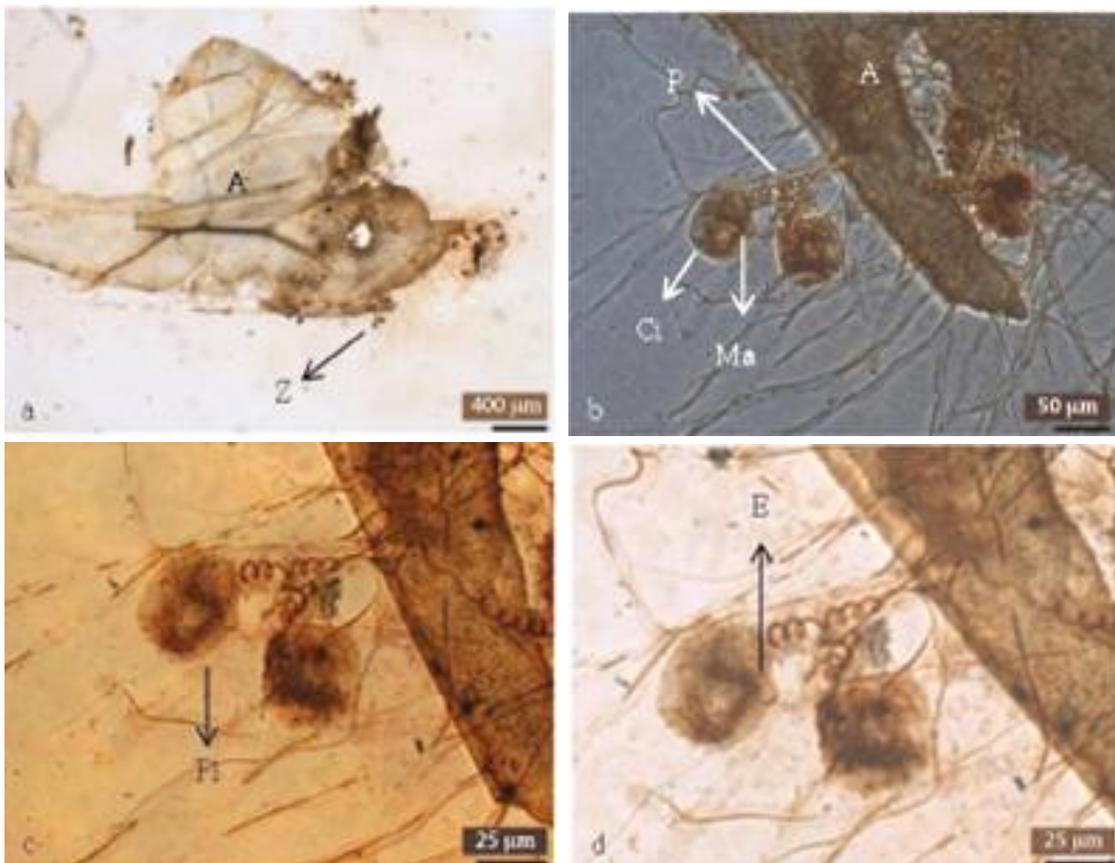


Lámina 17. *Vorticella convallaria*-complejo con protargol de Foissner. a) Zooides en ala del corixido en campo claro. b) Zooides resaltando pedúnculo, macronúcleo en banda y citostoma en contraste de fases. c) Zooide destacando la película en campo claro. d) Zooide con escópula en contraste diferencial de interferencia.

[A= ala, Ci= citostoma, E= escópula, Ma= macronúcleo, P= pedúnculo, Pl= película, Z= zooides].

Taxonomía de los insectos acuáticos

Se identificaron diez géneros de escarabajos acuáticos, seis géneros de hemípteros acuáticos y representantes del suborden Anisoptera. Para el arreglo taxonómico de los insectos acuáticos se utilizó la base de datos Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2012).

Phylum Arthropoda Latreille, 1829

Clase Insecta Linnaeus, 1758

Orden Hemiptera Linnaeus, 1758

Familia Belostomatidae Leach, 1815

Género *Belostoma* Latreille, 1807

Familia Corixidae Leach, 1815

Familia Naucoridae Leach, 1815

Género *Ambrysus* Stål, 1861

Familia Nepidae Latreille, 1802

Género *Ranatra* Fabricius, 1790

Familia Notonectidae Latreille, 1802

Género *Buenoa* Kirkaldy, 1904

Género *Notonecta* Linnaeus, 1758

Orden Coleoptera Linnaeus, 1758

Suborden Adephaga Schellenberg, 1806

Familia Dytiscidae Leach, 1815

Género *Laccophilus* Leach, 1815

Género *Neobidessus* Young, 1967

Género *Rhantus* Dejean, 1833

Género *Uvarus* Guignot, 1939

Suborden Polyphaga

Familia Hydrochidae Thomson, 1859

Género *Hydrochus* Leach, 1817

Familia Hydrophilidae Latreille, 1802

Género *Berosus* Leach, 1817

Género *Enochrus* Thomson, 1859

Género *Laccornis* des Gozis, 1914

Género *Paracymus* Thomson, 1867

Género *Tropisternus* Solier, 1834

Géneros de Coleoptera

Durante las recolectas realizadas en los lagos de la FVT, se registraron tres familias de coleópteros: Dytiscidae, Hydrochidae e Hydrophilidae. Para la familia Dytiscidae se observaron cuatro géneros y un ejemplar que sólo se identificó a nivel de tribu; para Hydrochidae sólo se registró su único género (*Hydrochus* sp.) y la familia Hydrophilidae presentó cinco géneros identificados y un individuo catalogado a nivel de familia. Los coleópteros inmaduros recolectados fueron tres (Cuadro 5). En el lago Nabor Carrillo en el mes de junio no se encontraron coleópteros, así como el lago artificial de Cantera Oriente en el mes de marzo.

Cuadro 5. Localidades, fechas de muestreo y géneros de coleópteros acuáticos encontrados en los cuerpos de agua de la FVT.

Localidad/mes	Coleoptera												
	Dytiscidae					Hydrochidae	Hydrophilidae					Inmaduros	Sin identificar
	<i>Laccophilus</i> sp.	<i>Neobidessus</i> sp.	<i>Rhantus</i> sp.	<i>Uvarus</i> sp.	Bidessini	<i>Hydrochus</i> sp.	<i>Berosus</i> sp.	<i>Enochrus</i> sp.	<i>Laccornis</i> sp.	<i>Paracymus</i> sp.	<i>Tropisternus</i> sp.		
Lago Cantera Oriente (agosto)					X								X
Lago Nabor Carrillo (septiembre)													X
Lago Sayula (agosto)							X		X		X		
Lago Sayula (octubre)							X						
Lago Totolcingo (septiembre)							X						
Manantial San Cristóbal (agosto)	X	X						X			X	X	
Manantial San Cristóbal (octubre)		X	X	X		X	X			X	X		X

Géneros de Hemiptera

Se registraron cinco familias de hemípteros acuáticos: Corixidae, Belostomatidae, Naucoridae, Nepidae y Notonectidae. Los coríxidos fueron identificados a nivel de familia; *Belostoma* sp. fue el único género observado de la familia Belostomatidae, *Ranatra* sp. el único para Nepidae y *Ambrysus* para Naucoridae. La familia Notonectidae presentó dos géneros *Buenoa* sp. y *Notonecta* spp. (Cuadro 6). Los hemípteros acuáticos se registraron distribuidos en todos los cuerpos de agua estudiados, con excepción de Totolcingo en el mes de junio.

Cuadro 6. Localidades, fechas de muestreo y géneros de hemípteros acuáticos encontrados en los cuerpos de agua de la FVT.

Hemiptera	Corixidae	Belostomatidae	Naucoridae	Nepidae	Notonectidae		
Localidad/mes							
		<i>Belostoma</i> sp.	<i>Ambrysus</i> sp.	<i>Ranatra</i> sp.	<i>Buenoa</i> sp.	<i>Notonecta</i> sp. 1	<i>Notonecta</i> sp. 2
Lago Cantera Oriente (marzo)					X		X
Lago Cantera Oriente (agosto)					X		
Lago Nabor Carrillo (junio)	X						
Lago Nabor Carrillo (septiembre)						X	
Lago Sayula (agosto)	X						
Lago Sayula (octubre)						X	
Lago Totolcingo (septiembre)	X				X		
Manantial San Cristóbal (agosto)		X					
Manantial San Cristóbal (octubre)		X	X	X			

Parámetros fisicoquímicos registrados *in situ*

En las recolectas en los cinco cuerpos de agua de la Faja Volcánica Transmexicana se obtuvieron como parámetros fisicoquímicos: la temperatura del agua, el pH y el oxígeno disuelto cuyos resultados se muestran en el Cuadro 7.

En el caso del manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán, así como el lago Sayula, Jalisco, no fue posible obtener los datos del oxígeno disuelto, temperatura y pH en el mes de secas (octubre).

En el lago Cantera Oriente sólo se tiene registro del pH en la temporada de lluvias (8.32), mientras que en el lago Totolcingo en la temporada de secas era un pastizal y en la de lluvias no se registró el pH. El pH del lago Nabor Carrillo fue de 8.2 en temporada de secas y de 9.01 en la de lluvias.

El lago Cantera Oriente presentó en temporada de secas 6.24 mg/l como valor de oxígeno disuelto y en lluvias 10.75 mg/l, mientras que el lago Nabor Carrillo presentó en temporada de secas (junio) 11.5 mg/l y en la de lluvias (septiembre) 17.8 mg/l.

El lago Cantera Oriente presentó una ligera variación en la temperatura del agua entre ambas temporadas, que sólo fue un grado Celsius. En el lago Nabor Carrillo, Texcoco, Estado de México, la temperatura en ambas temporadas fue prácticamente la misma, presentando una variación de 0.5°C.

Cuadro 7. Parámetros fisicoquímicos registrados en las recolectas de los diferentes cuerpos de agua.

Localidad	Mes de recolecta	Temporada estacional	Oxígeno disuelto mg/l	pH	Temperatura del agua °C
Cantera Oriente	marzo	seca	6.24	ND	18.7
Cantera Oriente	agosto	lluvia	10.75	8.32	19.9
Nabor Carrillo	junio	seca	11.5	8.2	21.9
Nabor Carrillo	septiembre	lluvia	17.8	9.01	22.4
San Cristóbal	agosto	lluvia	14.35	7.3-8.6	24.1
San Cristóbal	octubre	seca	ND	ND	ND
Sayula	agosto	lluvia	6.5	8.7	23.9
Sayula	octubre	seca	ND	ND	ND
Totolcingo	septiembre	lluvia	15.28	ND	15.9

DISCUSIÓN

Los estudios en México acerca del sistema insecto-ciliado son escasos y en los cuerpos de agua reportados pertenecientes a la Faja Volcánica Transmexicana no se había realizado una investigación similar. Este trabajo reporta la distribución espacial de los ciliados sobre los insectos acuáticos, incrementa el registro del número de especies de este sistema epibiótico y amplía la distribución geográfica en México de ciliados epibiontes (peritricos y suctores) y de los basibiontes a los que se encontraron adheridos.

Ciliados epibiontes y su distribución espacial en los insectos acuáticos

Respecto a la naturaleza del sistema epibiótico, los componentes de la capa límite hidrodinámica (esfuerzo cortante y fuerza integradora) además del espesor de desplazamiento, influyen en la heterogeneidad espacial en la capa límite, pues determinan la localización de los ciliados epibiontes en los basibiontes (Dovgal, 1998). A pesar de que la capa límite no es estable (Dovgal, 2008) su continuidad favoreció la distribución microespacial de epibiontes en el mismo basibionte, como se observó en *Notonecta* sp. 2 y su epibionte *Discophrya elongata* que se observó distribuida a lo largo de las seis patas, y en *Epistylis anastatica* localizada en cabeza, tórax y primordios alares (vista dorsal) y en el abdomen (vista ventral) del anisóptero.

Dovgal y Kochin (1997) consideraron que algunas manifestaciones morfológicas de los protozoos sésiles son útiles para contrarrestar los factores hidrodinámicos, como el incremento de la superficie de contacto con el sustrato (Dovgal, 1998). Estas manifestaciones morfológicas, como la extensión de la colonia con pedúnculo corto y crecimiento lateral, o con disposición horizontal de los zooides -sobre el basibionte- se observaron en *Orbopercularia* sp. 1. En el caso de *Opercularia coarctata* y *O. longigula* se presentó un disco basal amplio y un crecimiento vertical. Otra forma de contrarrestar el esfuerzo cortante es la morfología de los pedúnculos, p. ej. de *Discophrya elongata* y *D. lichtenstenii* que los sujetan a su sustrato a pesar de los desplazamientos verticales y horizontales que llevan a cabo *Buenoa* sp. y *Notonecta* sp. 2; estos pedúnculos bajos evitan la exposición a la fuerza integradora y alcanzan una zona con concentración moderada de partículas disueltas. Los ciliados epibiontes como *Orbopercularia* sp. 1 evitan la exposición a la fuerza integradora implantándose en sitios protegidos del basibionte como las articulaciones, lo que concuerda con lo señalado por Dovgal y Kochin (1997) para especies de las clases Suctoria y Peritricha. De las observaciones realizadas se puede plantear que posiblemente exista una

relación entre las mecánicas de ventilación y el tipo de respiración y la localización espacial de los ciliados epibiontes en los diversos insectos acuáticos estudiados. *Belostoma* sp. y *Ranatra* sp. respiran por sifones localizados en la parte posterior del abdomen y en ellos los ciliados epibiontes se registraron en las patas y márgenes del abdomen, sin llegar al sifón. Los individuos observados de *Ambrysus* sp. almacenan aire en una burbuja que forman a lo largo del abdomen y en este sitio no se registraron ciliados epibiontes, posiblemente debido a la presencia de la tensión superficial de la burbuja que impide que el abdomen tenga contacto con el agua. *Buenoa* sp., *Notonecta* sp. y *Tropisternus* sp. respiran mediante una burbuja de aire localizada en el ápice del abdomen y los ciliados epibiontes se presentaron en diversas zonas del cuerpo alejadas de ésta.

Sólo en pocos casos, los ciliados se registraron en insectos inmaduros (Anisoptera: Odonata y *Belostoma*: Belostomatidae: Nepomorpha) lo que puede atribuirse a que las mudas son frecuentes y no permiten a los peritricos desarrollar las colonias. Cabe destacar, que los peritricos y los suctores al establecerse en un sustrato difieren en el tiempo en el que se alimentan por primera vez, ya que se ha comprobado que los peritricos se alimentan casi de inmediato una vez establecidos (aun sin haber crecido y formado colonias) y los suctores se alimentan más tardíamente (Dovgal, 2002).

Las escasas investigaciones del sistema epibiótico ciliado-insecto acuático impiden establecer si algunas especies de ciliados epibiontes son exclusivas de géneros o especies de insectos acuáticos, para poder inferir si hay algún tipo de especificidad, así como tampoco podemos conocer bajo qué condiciones ambientales la prevalencia de los ciliados epibiontes aumenta e incluso desconocemos si todos los insectos acuáticos tienen algún registro de ciliados epibiontes.

Riqueza específica de ciliados epibiontes por temporada y cuerpo de agua

Se registró una mayor riqueza específica de ciliados epibiontes en temporada de secas (nueve especies) que de lluvias (cinco especies), lo que puede atribuirse a la cantidad de materia orgánica disponible en el sistema acuático y que es fuente de alimento para los ciliados, aunado a la concentración de poblaciones de insectos factibles a ser recolectados.

Se observó que el mayor número de especies de ciliados epibiontes e insectos acuáticos se encontró en el manantial San Cristóbal, Michoacán con cuatro especies de peritricos y tres géneros de insectos: *Orbopercularia* sp. 1 en *Tropisternus* sp. 1; *Epistylis* sp. 2 sobre *Ranatra* sp. 1 y *Epistylis* sp. 1 y *Opercularia longigula*, adheridos a *Belostoma* sp. 1. El lago de Sayula, presentó

únicamente anisópteros con presencia de ciliados epibiontes (*Epistylis anastatica* y *Opercularia coarcatata*). El lago Nabor Carrillo presentó tres especies de ciliados epibiontes (*Opercularia longigula*, *O. microdiscum* y *Vorticella convallaria*) y dos familias de hemípteros Corixidae y Notonectidae (*Notonecta* sp. 1), mientras que el lago Cantera Oriente presentó tres especies de suctores (*Discophrya elongata*, *D. lichtensteinii* y *Periacineta mexicana*) y un género de peritrico (*Vorticella* sp.) en dos géneros de chinches de la familia Notonectidae (*Buenoa* sp. y *Notonecta* sp. 2). El hecho de que el mayor número de especies de ciliados epibiontes y de géneros de insectos acuáticos se haya encontrado en el manantial San Cristóbal, puede explicarse en términos del tipo de cuerpo de agua, ya que comparado con los otros sistemas, es un cuerpo de agua permanente aún limpio, con vegetación flotante y enraizada. Sayula, en cambio, es un cuerpo de agua temporal que está seco tres o cuatro meses al año, tiene una gran extensión, poca profundidad y escasa o nula vegetación acuática, lo que influye en la sobrevivencia de los insectos acuáticos colonizadores y la baja riqueza específica (sólo *Berosus* y anisópteros), repercutiendo directamente en la presencia de comunidades de ciliados epibiontes. Los lagos Nabor Carrillo y Cantera Oriente poseen una vegetación acuática y ribereña diversa que propician la colonización y sobrevivencia de insectos acuáticos, además el contenido de materia orgánica en suspensión en el agua representa una fuente de alimento para las especies de ciliados epibiontes, p. ej. *Opercularia microdiscum* que es saprobia; esto explica la presencia de tres especies en ambas localidades. En el caso del lago de Totolcingo, en la recolecta de septiembre, a pesar de que se hallaron insectos acuáticos, no se registró la presencia de ciliados epibiontes posiblemente porque después de una larga temporada de sequía, la colonización por parte de los insectos era incipiente.

Insectos acuáticos

Se sabe que los ditíscidos e hidrofilidos prefieren cuerpos de agua poco profundos y las orillas del mismo, donde hay plantas terrestres flotando o plantas acuáticas (Vafei *et al.*, 2008). Los odonatos juveniles, por su parte, son organismos poco activos y no requieren de profundidad en los cuerpos de agua. Los hemípteros también se sostienen y esconden en la vegetación acuática. Por lo anterior, los muestreos se realizaron en las orillas de los lagos y con diversas redes de diferente abertura de malla, para asegurar la captura de los insectos acuáticos y de sus epibiontes.

El taxón de insectos acuáticos mejor representado en los cuerpos de agua de la FVT fue Hemiptera, puesto que se hallaron cinco de las siete familias que habitan en México. Las chinches

acuáticas realizan migraciones (mediante el vuelo) entre los cuerpos de agua, lo que les permite colonizar varios de ellos. Además, algunas de las familias de este orden, son tolerantes a la contaminación (Corixidae). De las cinco familias de chinches reportadas en este trabajo, todas con excepción de Corixidae son depredadoras de diversos invertebrados, incluso de pequeños vertebrados (Belostomatidae). Algunas de las familias de chinches depredadoras como Nepidae o Belostomatidae, no son tan activas, es decir, esperan que se acerquen las presas y luego las atrapan y matan, lo que posiblemente facilita la colonización de los ciliados epibiontes, ya que el basibionte permanece quieto. El resto de las familias de chinches, aunque son más activas no están exentas de la colonización de los ciliados epibiontes, quizá debido a que las etapas dispersoras de los mismos tienen la capacidad de desplazarse por sí mismos y alcanzan a colonizar, o bien, en los momentos en que los insectos suben para el recambio de burbuja o se detienen de la vegetación para descansar (Corixidae, Notonectidae).

Ampliación del registro geográfico para ciliados

Se encontraron doce especies, tres correspondieron a suctores y las restantes a peritricos. El suctor *Discophrya elongata* se registró previamente en diversos sustratos en varios países del mundo y en México se documentó su presencia en dos insectos: en el género *Notonecta* sp. y en *Corisella edulis* en el estado de Hidalgo, además del lago Cantera Oriente, aunque no se especificó su sustrato. El presente trabajo registró a *D. elongata* en *Notonecta* sp. 2 en el lago Cantera Oriente, D. F., por lo que se amplía el conocimiento de uno de sus basibiontes en este lago.

Discophrya lichtensteinii se observó anteriormente en escarabajos de diversos países y en México se registró en *Ambrysus* sp. en el estado de Puebla. En este trabajo se documenta como epibionte de *Buenoa* sp. del lago Cantera Oriente, por lo anterior, se amplía su distribución geográfica y su registro en un nuevo basibionte.

Periacineta mexicana se registró en los hemielitros y patas de *Buenoa* sp. del lago de Cantera Oriente, D.F. Mariño-Pérez *et al.* (2010), describieron esta especie en las patas de *Buenoa* spp. de Hidalgo, por lo que se expande la distribución geográfica de *P. mexicana* y también su distribución corporal.

Las dos especies de *Epistylis* spp. se encontraron adheridas a chinches acuáticas, una de ellas a un individuo del género *Belostoma* sp. y la otra al género *Ranatra* sp., mientras *Orbopercularia* sp. se halló en el escarabajo *Tropisternus* sp. todos pertenecientes al manantial San Cristóbal, Cuitzeo, Michoacán. Se amplía la distribución geográfica de los insectos acuáticos y se registran dos

géneros de ciliados epibiontes (*Epistylis* sp. y *Orbopercularia* sp.), así como el sistema epibiótico insecto-ciliado.

Epistylis anastatica y *Opercularia coarctata* se observaron en el mismo anisóptero de Sayula, Jalisco, distribuidos en diferentes regiones corporales. El registro de *E. anastatica* corresponde al primero para México y para *O. coarctata* se amplía su hábitat al ser la primera vez que se registra adherida a un odonato.

Vorticella convallaria-complejo y *Opercularia microdiscum* se registraron en alas de coríxidos del lago Nabor Carrillo, Estado de México. Cabe destacar que este lago está protegido a nivel federal y que se alimenta con aguas provenientes de una planta de tratamiento, por lo que el hallazgo de coríxidos en el mismo indica que el agua a pesar de contener un alto grado de materia orgánica, aún es apropiado como hábitat para diversos organismos. Estas especies de peritricos observadas no habían sido registradas anteriormente en insectos acuáticos de México.

Opercularia longigula no se había registrado anteriormente en México y el registro del que se tiene conocimiento a nivel mundial se encontró como epibionte de un copépodo. *Opercularia longigula* fue una especie común en el manantial de San Cristóbal, Michoacán y el lago Nabor Carrillo, Estado de México a pesar de estar relativamente distantes entre sí, pero pertenecen a la Faja Volcánica Transmexicana, por lo que su presencia puede atribuirse a los cambios tectónicos durante la formación de esta área.

Ampliación del registro geográfico para insectos acuáticos

En cuanto a la distribución de los hemípteros acuáticos en México, las cinco familias reportadas en este estudio han sido registradas previamente en México. Los géneros *Belostoma* sp. y *Ambrysus* sp. fueron previamente registrados en las mismas entidades federativas donde se recolectó en el presente estudio. La familia Corixidae se registró anteriormente en el Distrito Federal y el Estado de México y el género *Ranatra* sp. había sido reportado en Michoacán. De la familia Notonectidae el género *Buenoa* sp. se había reportado previamente sólo en Michoacán, sin embargo, *Notonecta* sp. no había sido registrada en ninguna de las cinco entidades federativas donde se realizaron los muestreos, por lo que se amplía la distribución geográfica de ambos géneros.

Tropisternus sp. se ha registrado en varios estados del norte y sur del país, sin embargo, de aquellos donde se realizaron los muestreos del presente trabajo, sólo se tiene registros previos en Puebla.

Los odonatos se han registrado previamente en Jalisco, Michoacán, Puebla y Sonora, por lo que no se amplía la distribución geográfica del suborden Anisoptera.

La Faja Volcánica Transmexicana y sus lagos

Los lagos de la Faja Volcánica Transmexicana donde se recolectó, pertenecen a cuencas endorreicas y son lénticos. Hay varios factores que determinan las características de cada ecosistema acuático como son: el tamaño, el movimiento, la evaporación, la oxigenación, la presencia de diversos solutos, el tipo de sedimentos presentes, la temperatura del agua –que depende de la topografía del vaso, la profundidad máxima y la forma y la velocidad en la que ésta ingresa y egresa-. Los lagos presentan diferentes organizaciones en función de su profundidad y de los patrones de circulación de agua -ya sean diarios o estacionales y simples o complejos- con variaciones estacionales de temperatura que generan capas térmicas en el agua. La interacción de esos factores abióticos determina un cierto arreglo de variables, por lo tanto, las combinaciones entre estos factores es local y seguramente irrepetible (Sánchez, 2007). Por lo tanto, en este trabajo no se comparan las biotas de los lagos, pues las características y factores abióticos de cada lago difieren entre sí y los parámetros requeridos para realizar una comparación aproximada no se tienen. Además, las características de los lagos Nabor Carrillo y Cantera Oriente son muy diferentes a las de los otros cuerpos de agua muestreados, puesto que reciben aportes continuos de líquido gracias a un sistema de compuertas, es decir, no dependen de la precipitación pluvial o manantiales, caso contrario al resto de los cuerpos de agua muestreados.

Los lagos cambian permanentemente (ya sea de forma o tamaño) lo que implica que la depresión endorreica que lo generó progresivamente se rellene con sedimentos y modifique las condiciones fisicoquímicas. Luego se reduce el volumen de agua del lago, hasta quedar convertido en una ciénega estacionalmente inundable y finalmente se transforma en pradera o pastizal (Sánchez, 2007). Esta situación fue observada en el lago de Totolcingo que es un cuerpo de agua temporal, en que la primera recolecta se encontró seco y había en su lugar pastizal. Lo transitorio de los lagos aunado a la utilización indiscriminada de sus recursos y el abuso en el aporte de materiales de desecho ha provocado alteraciones (Rojas-Moreno y Novelo-Retana, 1995) de las áreas de estudio, como fue el caso del lago de Cuitzeo en el que se apreció que arriban desagües de los

poblados circundantes. Los sistemas de agua dulce son los más sensibles a las modificaciones antropogénicas (Lozano-Ortiz, 2005) y la reducción en la extensión de los lagos, deja al descubierto algunos de los manantiales que lo alimentan, como el de San Cristóbal, sitio donde se realizaron las recolectas de los insectos acuáticos.

No fue posible registrar en todos los cuerpos de agua los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua). Debido a que sólo hubieron dos muestreos anuales por cada lago, no es posible establecer comparaciones entre los diferentes registros de los parámetros fisicoquímicos. Se requieren de más muestreos en los mismos lagos, en las mismas temporadas y que el registro se realice en horas similares para poder comparar los datos de los lagos, aunque no entre sí, pues todos tienen características geológicas, climáticas, químicas y físicas muy diferentes.

CONCLUSIONES

La Faja Volcánica Transmexicana atraviesa a lo ancho la República Mexicana y es una zona de convergencia de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, conecta las biotas de las Sierras Madres Oriental y Occidental y posee una diversidad de micro-hábitats. Este estudio amplía el registro de la distribución espacial de suctores y peritricos en insectos acuáticos de los órdenes Odonata, Hemiptera y Coleoptera, contribuye con nuevos registros para este sistema epibiótico y también amplía la distribución geográfica de algunos géneros de ciliados, chinches y escarabajos.

Se identificaron doce especies de ciliados epibiontes, tres corresponden a suctores y las restantes a peritricos, siendo el género *Opercularia* el que presentó mayor número de especies.

Se atribuye al esfuerzo cortante, la fuerza integradora y la inestabilidad de la capa límite como los componentes abióticos más importantes que influyeron en la presencia y distribución de los organismos en la capa límite del basibionte (sustrato).

Los sitios de adhesión de los ciliados epibiontes por lo general fueron sitios protegidos como la zona interna de las articulaciones de las patas (*Orbopercularia* sp. 1 en *Tropisternus* sp.), sus setas (*Discophrya lichtensteinii* en *Buenoa* sp. y *D. elongata* en *Notonecta* sp. 2) o los bordes de las alas membranosas (*Opercularia microdiscum* y *Vorticella convallaria* complejo en los coríxidos).

Las diferentes adaptaciones de los insectos a la respiración bajo el agua, probablemente influyen en la distribución espacial de los ciliados, ya que se adhirieron a zonas distantes de la burbuja de aire.

La riqueza específica de ciliados epibiontes por cada cuerpo de agua no fue tan disímil entre ellos, a pesar de que el tipo de aporte de las aguas (plantas de tratamiento, pluviales, manantiales) es distinto. El manantial San Cristóbal tuvo presencia de cuatro especies de ciliados epibiontes, los lagos Nabor Carrillo y Cantera Oriente presentaron tres y Sayula dos, mientras que en lago Totolcingo no se observaron ciliados epibiontes.

La riqueza específica más alta se observó en la temporada de secas (nueve especies) comparada con la de lluvias (cinco especies), lo cual se atribuye a las condiciones de los cuerpos de agua.

El taxón de insectos con mayor incidencia de ciliados epibiontes fue Hemiptera, donde cinco de las siete familias que habitan en México se registraron en los cuerpos de agua y además las cinco tuvieron presencia de ciliados epibiontes.

LITERATURA CITADA

- Adl, S. M., A. G. B. Simpson, M. A. Farmer, R. A. Andersen, O. R. Anderson, J. R. Barta, S. S. Bowser, G. Brugerolle, R. A. Fensome, S. Fredericq, T. Y. Yames, S. Karpov, P. Kugrens, J. Krug, C. E. Lane, L. A. Lewis, J. Lodge, D. H. Lynn, D. G. Mann, R. M. McCourt, L. Mendoza, O. Moestrup, S. E. Mozley-Standridge, T. A. Nerad, C. A. Shearer, A. V. Smirnov, F. W. Spiegel y M. F. J. R. Tylor.** 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. **52** (5): 399-451.
- Aladro-Lubel, M. A., M.E. Martínez Murillo y R. Mayén-Estrada.** 1990. Manual de Ciliados psamófilos marinos y salobres de México. Cuadernos del Instituto de Biología. 9. U.N.A.M. 174 pp.
- Aladro-Lubel, M. A., M. Reyes-Santos, F. Olvera-Bautista y M. N. Robles-Briones.** 2007. Ciliados y otros protozoos. En: A. Lot (coord.) Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 97-122.
- Aladro-Lubel, M. A., M. Reyes-Santos.** 2009. Preparaciones permanentes. En: Aladro-Lubel, M. A. (coord.) Manual de prácticas de laboratorio de protozoos. Las Prensas de Ciencias, UNAM. 40-50 pp.
- Altamiranda-Saavedra, M.** 2009. Diversidad de libélulas (Insecta-Odonata) para dos usos de suelo, en un bosque seco tropical. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. **62** (2): 5071-5079.
- Arce-Pérez, R.** 1995. Lista preliminar de coleópteros acuáticos del estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*. (65): 43-53.
- Arce-Pérez, R., J. A. Gómez-Anaya y R. Novelo-Gutiérrez.** 2010. Coleópteros acuáticos (C. H. Zimapán), Hidalgo, México. II. Coleoptera: Polyphaga y Myxophaga. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.). **26** (3): 639-667.
- Arriola-Morales, J., G. Linares-Fleites, J. Battle-Sales y M. A. Valera-Pérez.** 2006. Prospección electromagnética de la salinidad del suelo en el lago de Totolcingo, Puebla, México. Mem. XI Congreso Internacional y Nacional de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 5 pp. Consultado el 09 de noviembre 2012: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.uaemex.mx%2FRedAmbientales%2Fdocs%2Fmemorias%2FExtenso%2FTA%2FEC%2FTAC-45.pd.F>.
- Arroyo-Cabral, J., A. L. Carreño, S. Lozano-García, M. Montellano-Ballesteros.** 2008. La diversidad en el pasado. En: J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (eds.). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 227-262. Consultado el 13 de noviembre 2012: https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.biodiversidad.gob.mx%2Fpaais%2Fpd.F.%2FCapNatMex%2FVol%2520I%2FI00_PrefacioGuia.pd.F.
- Ayuntamiento de Sayula, Jalisco.** 2006. Plan y diagnóstico del desarrollo rural sustentable del municipio de Sayula, Jalisco. 63 pp. Consultado el 09 de noviembre 2012. <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.oedrus-jalisco.gob.mx%3A8040%2Foeidrus-jalisco%2Fjalisco%2Fdocs%2Fserv%2Fplanesmpales%2F082.pd.F>.
- Bent, L. M.** 2012. Submersion respiration in small diving beetles (Dytiscidae). *Aquatic Insects*. **34** (suppl. 1): 1-20.
- Bueno-Soria, J., S. Santiago-Fragoso, R. Barba-Álvarez.** 2005. Insectos acuáticos. En: J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (eds). Biodiversidad del estado de Tabasco. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. pp 386.
- Cano-Santana, Z., S. Castillo-Argüero, Y. Martínez-Orea, S. Juárez-Orozco.** 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 82: 1-14.
- Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, M. A. Romero-Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarama-Chávez, I. Sánchez-Gallén y O. Núñez-Castillo.** 2004. Dinámica y conservación de la flora de matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 74: 51-75.

- Choate, P. M.** 2003. Giant water bugs, electric light bugs, *Lethocerus*, *Abedus*, *Belostoma*, (Insecta, Hemiptera, Belostomatidae). University of Florida, IFAS Extension. EENY-301.
- Contreras Rivero, G., N. A. Navarrete-Salgado, G. Elías-Fernández y M. L. Rojas-Bustamante.** 2001. Aspectos ecológicos de los Corixidae (Hemiptera: Heteroptera) en el estanque piscícola "GL" de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. *Hidrobiológica*. **11** (1): 53-60.
- Contreras-Rivero, G., N. A. Navarrete-Salgado, G. Elías-Fernández y M. L. Rojas-Bustamante.** 2002. Los corixidos (Hemiptera: Heteroptera) del estanque piscícola denominado "JC" en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente*. **8** (2): 113-118.
- Contreras-Rivero, G., G. Camarillo de la Rosa, N. A. Navarrete-Salgado y G. Elías-Fernández.** 2005. Corixidae (Hemiptera-Heteroptera) en el lago urbano del Parque Tezozómoc, Azcapotzalco México, D.F. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente*. **11** (2): 93-97.
- Contreras-Rivero, G., N. A. Navarrete-Salgado y J. A. Lara-Vázquez.** 2008. Hemípteros acuáticos en dos estanques piscícolas del Estado de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. **14** (1): 39-43.
- Cuevas-Yáñez, K.** 2007. Los odonatos (Insecta: Odonata) de la hidroeléctrica de Patla (El Pozo) y del Río Tecpatlán, Zihuateutla, Puebla, México. *Dugesiana*. **14** (2): 83-91.
- Cummings, C.** 1933. The giant water bugs (Belostomatidae-Hemiptera). *The University of Kansas University Science Bulletin*. **21** (2): 197-219.
- Dovgal, I. V. y V. A. Kochin.** 1997. Fluid boundary layer as an adaptive zone for sessile protists. *Zhurnal obshej biologii*. **58** (2): 67-74.
- Dovgal, I. V.** 1998. Hydrodynamic evolutionary factors for the spatial structure of encrusting communities. *Paleontological Journal*. **32** (6): 559-562.
- Dovgal, I. V.** 2002. Evolution, phylogeny and classification of Suctorea Claparède et Lachmann, 1858. *Protistology*. **2**: 194-270.
- Dovgal, I. V. y V. Pesic.** 2007. *Acineta persiensis* sp. n. (Ciliophora, Suctorea) a new freshwater suctorian species from the water mites of the genus *Protzia* (Acari, Hydrachnidia). *Vestnik Zoology*. **41** (2): 165-167.
- Dovgal, I. V.** 2008. Micro-spatial structure of periphytonic communities: determinal factors. *Natura Montenegrina*. **7** (3): 117-123.
- DUMAC.** 2005. Programa de Conservación y Manejo para las Aves Playeras en el Lago de Texcoco, Estado de México. Ducks Unlimited de México. 107 pp.
- Epler, J. H.** 1996. Identification Manual for the Water Beetles of Florida (Coleoptera: Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Noteridae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae). Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL. U.S.A. 257 pp.
- Epler, J. H.** 2006. Identification Manual for the Aquatic and Semi-aquatic Heteroptera of Florida (Belostomatidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gerridae, Hebridae, Hydrometridae, Mesoveliidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Ochteridae, Pleidae, Saldidae, Veliidae). Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL. U. S. A. 186 pp.
- Estévez, A. L., C. Armúa de Reyes y J. A. Schnak.** 2006. Successful hatching from eggs carried by females and naturally removed from incubant males in *Belostoma* spp. water bugs (Heteroptera: Belostomatidae). *Revista de Biología Tropical*. **54** (2): 515-517.
- Fernández, L. A. y M. L. López.** 2006. Aquatic Coleoptera and Heteroptera inhabiting waterbodies from Berisso, Buenos Aires Province, Argentina. *Revista de Biología Tropical*. **54** (1): 139-148.
- Fernández-Leborans, G. y Sorbe, J.C.** 2003. A New Protozoan of the genus *Cothurnia* (Ciliophora, Peritrichia), epibiont on the marine tanaid *Halmyrapseudes spaansi* (Crustacea: Peracarida) from the French Guiana (SE America). *Zoologische Anzeiger*. **242**: 267-275.
- Fernandez-Leborans, G., Y. Hanamura, R. Siow, P. E. Chee.** 2009. Intersite epibiosis characterization on dominant mangrove crustacean species from Malaysia. *Contributions to Zoology*. **78** (1): 9-23.
- Ferrari, L.** 2000. Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. **53**: 84-92.
- Foissner, W.** 1991. Basic Light and Scanning Electron Microscopic Methods for Taxonomic Studies of Ciliated Protozoa. *European Journal of Protistology*. **27**: 313-330.

- Foissner, W., H. Berger y F. Kohmann.** 1992. *Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobien-systems - Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida*. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft. Heft 5/92. 502 pp.
- Foster, G. N.** 2007. Notes on the status of Irish Hydrochidae (Coleoptera). *The Irish Naturalists' Journal*. **28** (8): 309-312.
- Franco, C., L. Galicia, L. Durand y S. Cram.** 2011. Análisis del impacto en las políticas ambientales en el lago de Cuitzeo (1940-2010). *Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. **75**: 7-22.
- Gómez-Anaya, J. A., R. Novelo-Gutiérrez y W. Bruce-Campbell.** 2011. Diversity and distribution of Odonata (Insecta) larvae along an altitudinal gradient in Coalcomán mountains, Michoacán, México. *Revista de Biología Tropical*. **59** (4): 1559-1577.
- Gómez-Tuena, A., M. T. Orozco-Esquivel y L. Ferrari.** 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario*. **57** (3): 227-283.
- González-Soriano, E.** 2005. The female of *Paltothemis cyanosoma* Garrison (Odonata: Libellulidae). *Folia Entomologica Mexicana*. **44** (1): 107-110.
- González-Soriano, E., F. A. Noguera, S. Zaragoza-Caballero, M. Á. Morales-Barrera, R. Ayala-Barajas, A. Rodríguez-Palafox y E. Ramírez-García.** 2008. Odonata diversity in a tropical dry forest of Mexico, 1. Sierra de Huautla, Morelos. *Odonatologica*. **37** (4): 305-315.
- González-Soriano, E., F. Noguera, S. Zaragoza-Caballero y E. Ramírez-García.** 2009. Odonata de un bosque tropical caducifolio: sierra de San Javier, Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **80**: 341-348.
- Granados-Sánchez, D., G. F. López-Ríos, M. A. Hernández-García y A. Sánchez-González.** 2004. Ecología de la fauna silvestre de la Sierra Nevada y la Sierra del Ajusco. *Revista Chapingo. Serie forestales y del ambiente*. **10** (2): 111-117.
- Gullan, P. J. y P. S. Cranston.** 1994. Aquatic Insects. *En: The Insects: an Outline of Entomology*. Chapman and Hall. Great Britain. 471 pp.
- Hausmann, K. y Hülsmann N.** 1996. *Protozoology*. Thieme Medical Publishers, Inc. U. S. A. 338 pp.
- Hidalgo-Galiana, A. e I. Ribera.** 2011. Late Miocene diversification of the genus *Hydrochus* (Coleoptera, Hydrochidae) in the west Mediterranean area. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. **59**: 377-385.
- Hungerford, H. B.** 1922. The Nepidae of North America (Further Studies in Aquatic Hemiptera). *The Kansas University Science Bulletin*. **14** (18): 425-469.
- Hungerford, H. B.** 1933. The genus *Notonecta* of the World (Notenectidae-Hemiptera). *The University of Kansas Science Bulletin*. **21** (1): 5-195.
- Israde-Alcántara, I., J. Robles-Camacho y J. M. Domínguez.** 2008. Beidellite-nontronite clays in Neogene sediments from Cuitzeo-Charo lacustrine basin Michoacán, México: Geological setting and paleoenvironmental implications. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. **60**: 159-171.
- Israde-Alcántara, I., R. Velázquez-Durán, M. S. Lozano-García, J. Bischoff, G. Domínguez- Vázquez y V. H. Garduño-Monroy.** 2010. Evolución paleolimnológica del Lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. **62** (3): 345-357.
- ITIS: Integrated Taxonomic Information System.** Consultado el 13 de noviembre 2012: <http://www.itis.gov/>
- Keffer, S.** 2000. Waterscorpions (Nepidae). *In: C. W. Schaefer y A. R. Panizzi. (eds.). Heteroptera of economic importance*. CRC Press. U. S. A. pp 583-589.
- Kepner, Jr. R. L., R. A. Wharton Jr. y D. Wayne-Coats.** 1999. Ciliated protozoa of two Antarctic lakes: analysis by quantitative protargol staining and examination of artificial substrates. *Polar Biology*. **21**: 285-294.
- La Rivers, I.** 1958. New *Ambrysus* records for Mexico (Hemiptera, Naucoridae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. **60** (2): 71-74.
- Lanners, H. N. y E. B. Lanners.** 2002. *Suctorians*. Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley and Sons. U.S.A. pp 1-8.
- Lauck, D. R.** 1959. Three new species of *Belostoma* from Mexico and Central America (Hemiptera: Belostomatidae), with a list of North American Species. *Bulletin of the Chicago Academy of Sciences*. **11** (1): 1-9.
- Lauck, D. R. y A. S. Menke.** 1961. The higher classification of the Belostomatidae (Hemiptera). *Annals of the Entomological Society of America*. **54**: 644-657.

- López, M., J. J. Morrone y E. P. Hernández.** 2006. Patrones de distribución de las Naucoridae argentinas (Hemiptera: Heteroptera). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. **65** (1-2): 111-121.
- Lot-Helgueras, A.** 2007. Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 253 pp.
- Lozano-Ortiz, L.** 2005. La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral científico*. **7**: 5-11.
- Lowell, E. N. y H. E. Finley.** 1931. Studies on the Taxonomy of the Genus *Vorticella*. *Transactions of the American Microscopical Society*. **50** (2): 81-123.
- Luna, I., J. Morrone y D. Espinosa.** 2007. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza e Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 514 pp.
- Luna-Pabello, V. M.** 1990. Efecto de la temperatura en las poblaciones de protozoos ciliados en un reactor de biodiscos. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 115 pp.
- Luna-Pabello, V. M.** 2006. *Atlas de ciliados y otros microorganismos frecuentes en sistemas de tratamiento aerobio de aguas residuales*. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 113 pp.
- Lynn, D. H.** 2008. *The Ciliated Protozoa: Characterization, Classification and Guide to Literature*. Springer Science. Canadá. 605 pp.
- Macek, M., D. Pestova y M. E. Martínez-Pérez.** 2008. Seasonal and spatial dynamics of a ciliate assemblage in a warm-monomictic Lake Alchichica (Puebla, México). *Hidrobiológica*. **18** (1): 25-35.
- Macías-Macías, A.** 2008. Costos ambientales en zonas de coyuntura agrícola. La horticultura en Sayula (México). *Agroalimentaria*. **14** (26): 103-118.
- Mariño-Pérez, R.** 2009. Estudio taxonómico de los ciliados epibiontes de hemípteros acuáticos del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 75 pp.
- Mariño-Pérez, R., R. Mayén-Estrada.** 2009. Epibiotic relationship between two species of suctorians (Protozoa: Suctorina) and *Corisella edulis* (Heteroptera: Corixidae). *Aquatic Insects*. **31** (3): 235-246.
- Mariño-Pérez, R., R. Mayén-Estrada e I. Dovgal.** 2010. *Periacineta mexicana* n. sp. (Ciliophora, Suctorina, Discophryida), epizoic on mexican backswimmers of the genus *Buenoa* (Insecta, Hemiptera, Notonectidae). *Journal of Eukaryotic Microbiology*. **57** (5): 435-443.
- Mariño-Pérez, R., I. Dovgal y R. Mayén-Estrada.** 2011a. New records of suctorians (Ciliophora: Suctorina) as epibiontes of aquatic true bugs (Hemiptera: Prosorrhyncha: Nepomorpha) from two regions: Mexico and Eastern Europe. *Zootaxa*. **2798**: 48-60.
- Mariño-Pérez, R. Mayén-Estrada, R. Macip-Ríos e I. V. Dovgal.** 2011b. Morphometric variations of *Discophrya elongata* (Ciliophora, Suctorea) attached to two different species of aquatic true bugs (Hemiptera, Prosorrhyncha, Nepomorpha). *Vestnik zoologii*. **45** (5): 13-19.
- Martínez-Pérez, J. A. y M. Elías-Gutiérrez.** 1985. Introducción a la protozoología. Trillas, México. 207 pp.
- Matthes, D., W. Guhl y G. Haider.** 1988. Suctorina und Urceolariidae (Peritricha). Protozoenfauna Band 7/1. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 309 pp.
- Maya-Rendón, C. y B. E. Jiménez-Cisneros.** 2002. Calidad físicoquímica y microbiológica en efluentes secundarios por el lago artificial "Nabor Carrillo", México. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; AIDIS. Memorias. México, D.F., FEMISCA. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, Guanajuato, 17-20 abr. Nabor carrillo fecha 09 nov 2012: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.bvsde.paho.org%2Fbvsaidi%2Fmexico13%2F060.pD.F>.
- Mayén-Estrada R. y M. A. Aladro-Lubel.** 2000. First record of *Lagenophrys dennisii* (Ciliophora: Peritrichia) on the exoskeleton of crayfish *Cambarellus patzcuarensis*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. **47** (1):57-61.
- Mayén-Estrada R. y M. A. Aladro-Lubel.** 2001. Epibiont peritrichids (Ciliophora: Peritrichida: Epistylididae) on the crayfish *Cambarellus patzcuarensis* in Lake Pátzcuaro, Michoacán, Mexico. *Journal of Crustacean Biology*. **21** (2): 426-434.
- Medianero, E. y M. Samaniego.** 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el Río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*. **43** (3): 279-294.

- Mooser, F. y M. T. Ramírez.** 1988. Faja Volcánica Transmexicana: morfoestructura, tectónica y vulcanotectónica. Mesa redonda sobre la cuenca de México por F. Mooser, M. T. Ramírez y L. Ponce durante la IX Convención Geológica Nacional.
- Nenninger, U.** 1948. Die Peritrichen der Umgebung von Erlangen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtsspezifität. *Zoologische Jahrbücher Systematik*. 77: 169-266.
- Palomera-García, C., E. Santana, S. Contreras-Martínez y R. Amparán.** 2007. *Jalisco*. En: R. Ortiz-Pulido, A. Ortiz-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y T. A. Peterson (eds.). Avifaunas estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. 1-48 pp. Consultado el 13 de noviembre 2012:
<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.huitzil.net%2Fjalisco.pD.F>
- Papáček, M.** 2001. Small aquatic and ripicolous bugs (Heteroptera: Nepomorpha) as predators and prey: The question of economic importance. *European Journal of Entomology*. 98: 1-12.
- Parsons, M. C.** 1966. Studies on the cephalic anatomy of Naucoridae (Heteroptera). *The Transactions of the Royal Entomological Society of London*. 118 (5): 119-151.
- Pavicevic, A. y V. Pesic.** 2010. First record of *Hydrochus ignicollis* (Coleoptera, Hydrochidae) from Serbia and Montenegro. *Natura Montenegrina*. 9 (3): 369-371.
- Pino-Selles, R. y J. A. Bernal-Vega.** 2009. Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta-media del río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Gestión y Ambiente*. 12 (3): 73-84.
- Polhemus J. T. y D. A. Polhemus.** 2008. Global diversity of true bugs (Heteroptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 379-391.
- Ribera, I., C. Hernando y P. Aguilera.** 1999. *Hydrochus tariqui* sp. n. from south Spain (Coleoptera: Hydrochidae). *Koleopterologische Rundschau*. 69: 99-102.
- Rojas-Moreno, J. y A. Novelo-Retana.** 1995. Flora y vegetación acuáticas del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*. 31: 1-17.
- Rojo, A. y J. Rodríguez.** 2002. *La flora del Pedregal de San Ángel*. Instituto Nacional de Ecología. México. 95 pp. Consultado el 13 de noviembre 2012:
http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=379
- San José, M., A. Garmendia y Z. Cano-Santana.** 2010. Monitoreo de aves en dos zonas de restauración ecológica y una de referencia en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel D. F. México. *El canto del Cenzontle*. 1 (2): 148-164.
- Sánchez, O.** 2007. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En: *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano. (eds.). Instituto Nacional de Ecología. Fecha de consulta 13 de noviembre 2012:
<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.ine.gob.mx%2Fpublicaciones%2Fdownload%2F533.pD.F>
- Santiago-Fragoso, S. y J. C. Sandoval-Manrique.** 2001. Coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del río Cuautla (tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México. *Hidrobiología*. 11 (1): 19-30.
- Sites, R. W.** 2000. Creeping water bugs (Naucoridae). En: C.W. Schaefer, y A.R. Panizzi. (eds.) Heteroptera of economic importance. CRC Press, U. S. A. pp. 571-576.
- Sites, R. W. y J. T. Polhemus.** 1994. Nepidae (Hemiptera) of the United States and Canada. *Annals of the Entomological Society of America*. 87 (1): 27-42.
- Sleigh, M. A.** 1979. *Biología de los protozoos*. Blume ediciones. España. 399 pp.
- Stiller, J.** 1971. Szájkoszorús csillósok - Peritricha. *Fauna Hungarica* 105(11): 1-245.
- Truxal, F.** 1953. A revision of the genus *Buena* (Hemiptera, Notonectidae). *The University of Kansas Science Bulletin*. 35 (11): 1351-1523.
- Vafei, R., H. Ostovan, Ü. İncekara y V. Pesic.** 2008. A faunistic study on the diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae) of Markazi province (Central Iran) with the new records. *Munis Entomology and Zoology*. 3 (1): 165-170.
- Wahl, M.** 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*. 58: 175-189.
- White, D. S. y R. E. Roughley.** 2008. Aquatic Coleoptera. En: R. W., Merritt, K. W. Cummins y M. B. Berg. (eds.) An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, U.S.A. 1158 pp.

- Winter, V. y S. Masunari.** 2006. Macroepizoismo en *Libinia ferreirae* (Crustacea, Brachyura, Majidae) *Iheringia Série Zoologia.* **96** (2): 135-140.
- Zettel, H. y D. J. W. Lane.** 2011. The creeping water bugs (Insecta: Heteroptera: Naucoridae) of Brunei. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien B.* 112: 163-171.

ANEXO I. CONSIDERACIONES MORFOLÓGICAS DE LAS FAMILIAS DE COLEOPTERA Y HEMIPTERA

Familias de Coleoptera

Dytiscidae (escarabajos buceadores)

Los ditiscidos se catalogan como uno de los grupos de insectos mejor adaptados y más diversos en los sistemas acuáticos. Arriban directamente a la superficie del agua (después del vuelo) ya que la extrema modificación de las patas les permite “acuatizar” en la superficie y aunque el impacto les permite atravesar la película del agua, retornan a la superficie a llenar la cámara subelital con aire (White y Roughley, 2008).

Las larvas se distinguen por tener una cabeza prominente; mandíbulas largas, delgadas y curvas que están estriadas o huecas para la inyección/absorción de fluidos; patas con cinco segmentos, dos uñas tarsales; abdomen con ocho segmentos y el último de ellos con un par de espiráculos terminales profundos (Epler, 1996).

Los adultos se caracterizan por poseer ojos no divididos; antenas filiformes; palpos maxilares más cortos que las antenas; escutelo completamente visible o escondido por las bases de los élitros. Los tarsos anteriores y medios son pseudotetrámeros, o bien, los posteriores son aplanados y tienen una uña delgada, recta y dura, además de setas largas. El primer esternito abdominal está completamente dividido por las coxas posteriores.

Las larvas son depredadoras y los adultos son tanto depredadores como carroñeros. Los adultos son los escarabajos acuáticos más comunes, habitan en cuerpos de agua dulce (lénticos y lóticos) no muy profundos (Epler, 1996).

Hydrochidae

Esta familia pertenece a la superfamilia Hydrophiloidea (Ribera *et al.*, 1999) es monogénica, donde se incluye al género *Hydrochus*, que tiene una distribución mundial (Pavicevic y Pesic, 2010). Los individuos de esta familia habitan en cuerpos de agua lóticos y lénticos y se distinguen por ser de color oscuro, casi negro, y de movimientos lentos, habitando en sitios con características pantanosas (Foster, 2007; Hidalgo-Galiana y Ribera, 2011). Difieren de las otras familias por los genitales en los machos (Foster, 2007).

Hydrophilidae (escarabajos de agua carroñeros) (Lám. 18)

Las larvas se caracterizan por tener un labrum fusionado con el clípeo; las maxilas son palpiformes, son galea o lacinia; los espiráculos, cuando están presentes, tienen dos aberturas. Patas aparentemente con cuatro segmentos, con una sola uña y el abdomen tiene de ocho a diez segmentos, donde el décimo tiene de uno a tres cercos segmentados, pero sin ganchos terminales (Epler, 1996).

Los adultos se distinguen por tener antenas con tres segmentos pubescentes, palpos maxilares tan largos o más que las antenas; cinco esternitos abdominales visibles, el primero no está dividido por las coxas posteriores (Epler, 1996). Los adultos son buenos nadadores, pero no tan activos como los distícidos. Regresan a la superficie para renovar el suministro de aire y además son buenos voladores (White y Roughley, 2008).

Los hidrofilidos son los segundos en abundancia después de los distícidos. Las larvas de los hidrofilidos son depredadoras, mientras que los adultos son omnívoros (White y Roughley, 2008).

Familias de Hemiptera

Belostomatidae (chinches de agua gigantes) (Lám. 19)

Los belostomátidos miden de 9 a 110 mm, están aplanados dorsoventralmente, tienen antenas cortas y escondidas bajo la cabeza. Las patas anteriores son raptorias, las medias y posteriores están aplanadas y con numerosas setas nadadoras, con tarsos de dos a tres segmentos; poseen un par de apéndices retráctiles, aplanados y cortos con forma de correa localizados en la punta del abdomen. Ojos grandes y triangulares no continuos con los márgenes laterales del pronoto, ocelos ausentes. Pronoto trapezoidal dividido por una sutura transversal en lóbulos anterior y posterior (Epler, 2006; Cummings, 1933; Lauck y Menke, 1961).

Los belostomátidos habitan en estanques y nadan debajo de la superficie (Choate, 2003). Los machos llevan a cabo cuidado paternal de los huevecillos, ya sea aquellos adheridos a la vegetación, o bien, los adheridos a sus dorsos (Estévez *et al.*, 2006).

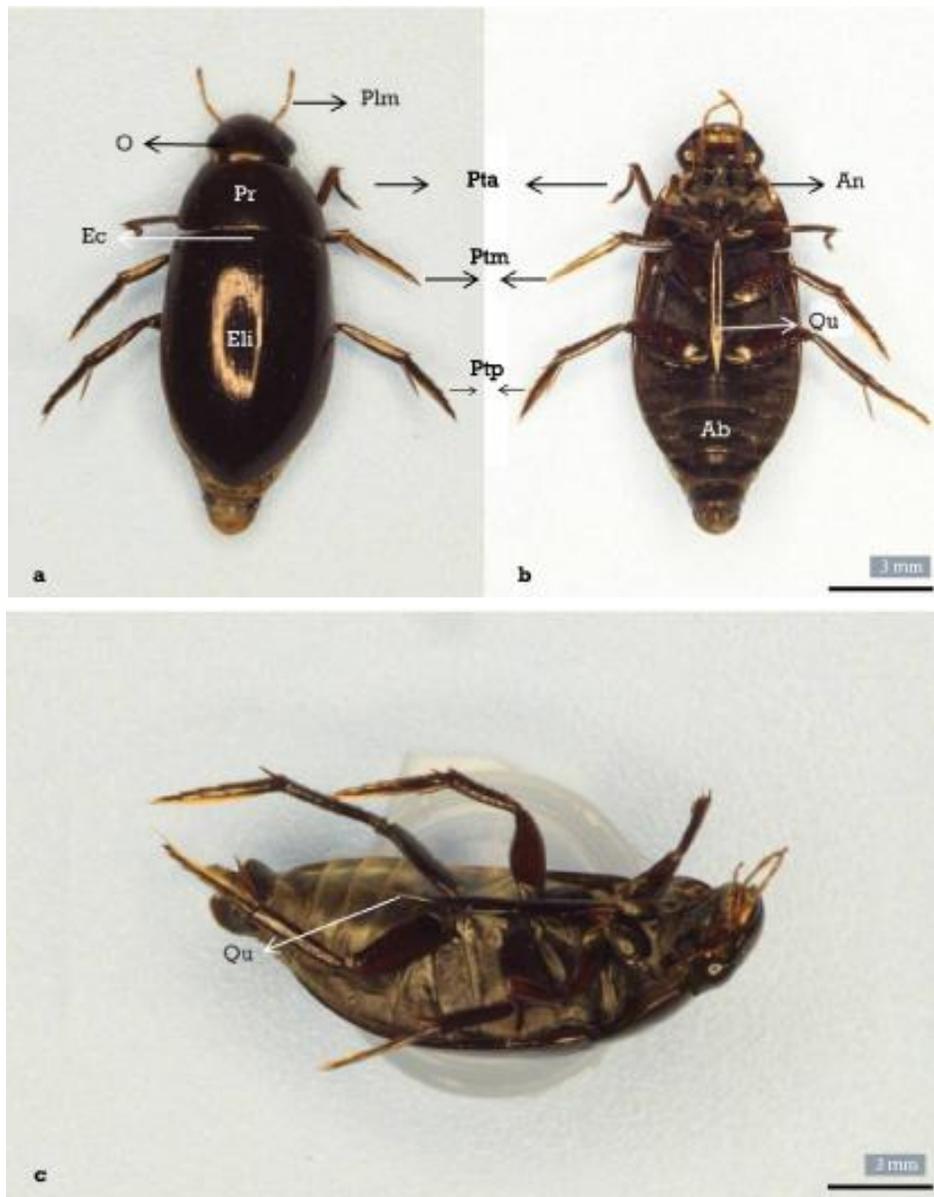


Lámina 18. *Tropisternus* sp. (Hydrophilidae: Polyphaga: Coleoptera). Vista dorsal: élitros, escutelo, ojo, palpo maxilar y pronoto. Vista ventral: abdomen, antena y quilla. Ambas: pata anterior, pata media y pata posterior. Vista lateral: quilla.

[Ab= abdomen, An= antena, Ec= escutelo, Eli= élitros, O= ojo, Plm= palpo maxilar, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior, Pr= pronoto, Qu= quilla].

Corixidae (barqueros, boteros, lancheros) (Lám. 20)

Los corixidos miden entre 5 y 11 mm, están aplanados dorsoventralmente, sus antenas son cortas, no visibles dorsalmente; poseen un estilete corto, triangular y sin segmentaciones. Los tarsos anteriores tienen forma de cuchara, con líneas de setas en el margen interior (con ellas atrapan su alimento); las patas medias son largas y con ellas se sostienen de la vegetación, mientras las posteriores tienen forma de remo, los segmentos abdominales distales del macho son asimétricos (Mariño-Pérez y Mayén-Estrada, 2009; Epler, 2006).

Esta familia es la más diversa y abundante de los hemípteros acuáticos con una distribución mundial (Contreras-Rivero *et al.*, 2001, Papáček, 2001) y sus representantes son convertidores de la materia vegetal y son alimento para peces, aves, tortugas y murciélagos (Contreras-Rivero *et al.*, 2002, 2005). Los corixidos se pueden alimentar de diatomeas, algas, protozoos, larvas de quironómidos y de crustáceos e incluso de sus propios huevos (Papáček, 2001).

Naucoridae (chiches acuáticas rastreras) (Lám. 21)

Los naucóridos miden aproximadamente de 9 a 11 mm, están dorsoventralmente aplanados y son ovalados; las antenas no se distinguen dorsalmente. Las patas anteriores son raptorales con fémures masivos, las patas medias y posteriores poseen setas nadadoras y las membranas de los hemiólitros carecen de venas (Epler, 2006).

La familia ocupa una variedad de hábitats lénticos y lóticos, algunas especies pueden habitar en aguas salobres (Sites, 2000). Los naucóridos se distribuyen en todas las regiones biogeográficas excepto la Antártica, aunque la mayor abundancia se encuentra en los neotrópicos (Zettel y Lane, 2011) y la mayor riqueza específica en la región Oriental (López *et al.*, 2006).

Nepidae (escorpiones de agua) (Lám. 22)

Los népidos son largos y relativamente delgados, su tamaño oscila entre 23 a 38 mm (sin considerar el sifón); las antenas no se observan dorsalmente. Todas sus patas poseen únicamente un segmento tarsal y las anteriores son raptorales. En el abdomen poseen un sifón no retráctil con dos filamentos. Los népidos poseen órganos sensoriales estáticos. Los népidos se encuentran por lo general en los márgenes de los cuerpos de agua lóticos (Keffer, 2000).

Los géneros *Curicta*, *Nepa* y *Ranatra* llevan a cabo vuelos nocturnos y colonizan cuerpos de agua temporales (Sites y Polhemus, 1994). Se considera que el género *Ranatra* pertenece a la fauna

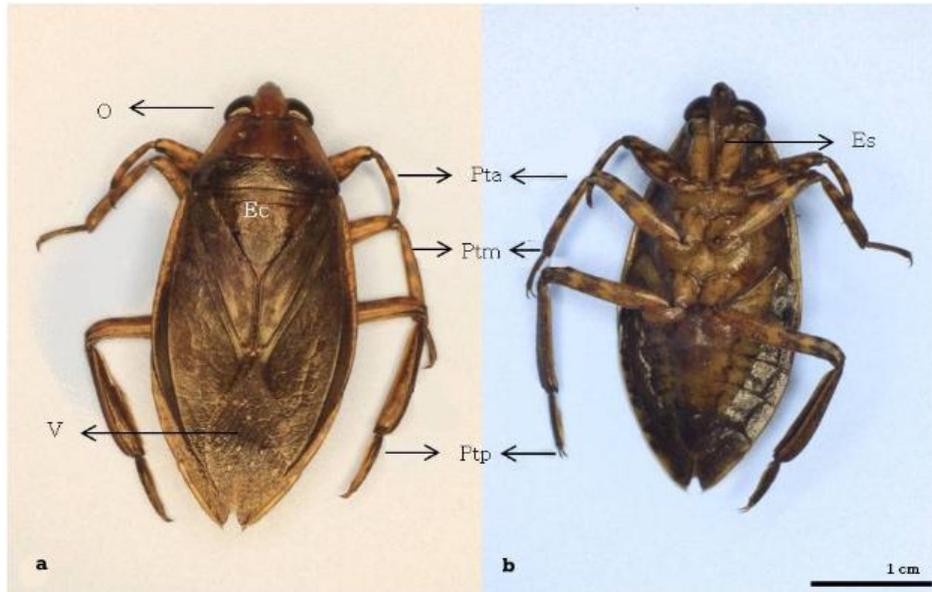


Lámina 19. *Belostoma* sp. (Belostomatidae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista dorsal: ojo, escutelo, venas del hemiélitro. Vista ventral: estilete. Ambas: pata anterior, pata media y pata posterior.

[Ec= escutelo, Es= estilete, O= ojo, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior, V= venas del hemiélitro].

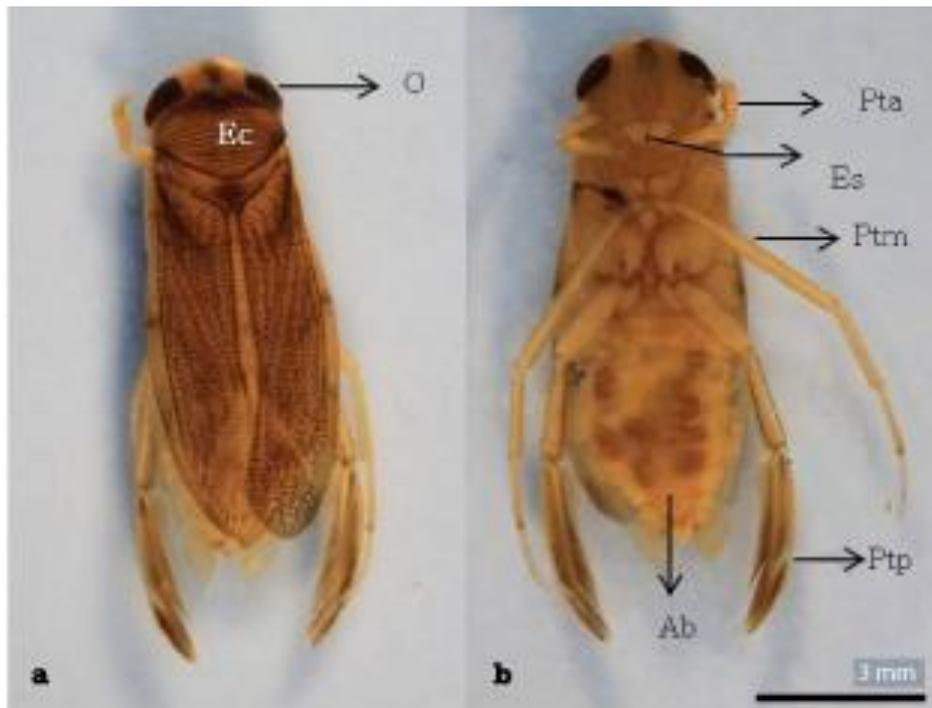


Lámina 20. (Corixidae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista dorsal: ojo y escutelo. Vista ventral: abdomen, estilete, pata anterior, pata media, pata posterior.

[Ab= abdomen, Ec= escutelo, Es= estilete, O= ojo, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior].

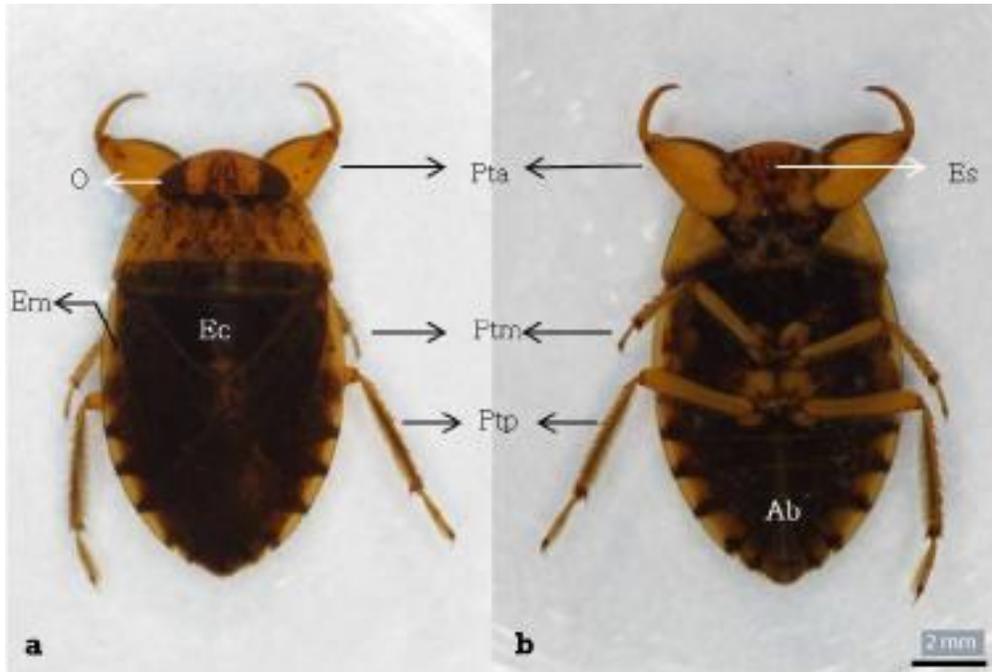


Lámina 21. *Ambrysus* sp. (Naucoridae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista dorsal: ojo, émbolo, escutelo. Vista ventral: abdomen, estilete. Ambas: pata anterior, pata media, pata posterior.

[Ab= abdomen, Ec= escutelo, Em= émbolo, Es= estilete, O= ojo, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior].

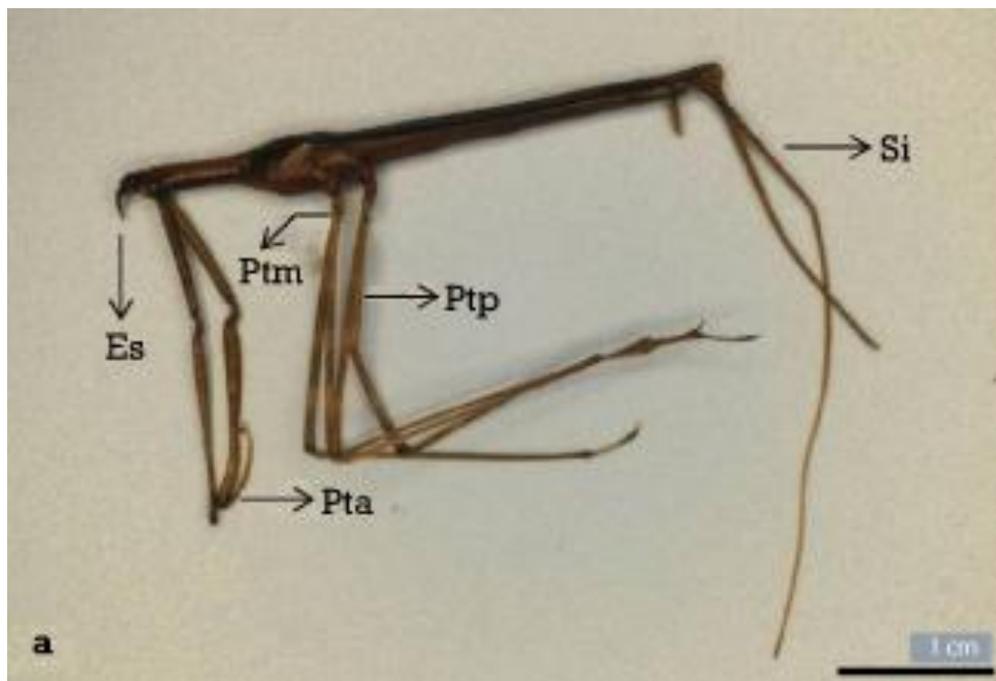


Lámina 22. *Ranatra* sp. (Nepidae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista lateral: estilete, pata anterior, pata media, pata posterior y sifón.

[Es= estilete, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior, Si = sifón].

oriental y habita en Norteamérica (Hungerford, 1922). El género *Ranatra* se puede encontrar entre la vegetación acuática, a veces en aguas profundas dentro de tanques de almacenamiento de agua. Es fácil confundir este género con tallos de plantas por su forma tan delgada y alargada, además fingen su muerte y suelen estar detenidos en la vegetación acuática, lo que dificulta su captura (Sites y Polhemus, 1994).

Notonectidae (nadadores de espalda) (Láms. 23, 24)

El tamaño de los notonéctidos varía de 4 a 16 mm, su cuerpo es alargado; las antenas no se observan dorsalmente y consisten de tres o cuatro segmentos. Las patas anteriores y medias están adaptadas para capturar, las posteriores están relativamente aplanadas y poseen muchas setas. Los ojos son grandes y carecen de ocelos, el pico tiene cuatro segmentos. El escutelo es visible. La presencia de setas en los márgenes laterales del abdomen y otras adyacentes se cierran permitiendo la formación de cámaras de aire (Epler, 2006; Truxal, 1953; Hungerford, 1933).

Los notonéctidos son depredadores limitados por su talla -mientras más avanzado sea el estadio de desarrollo capturan presas más grandes-, por lo que modifican sus nichos alimenticios dependiendo de su estadio de desarrollo y detectan a sus presas por señales vibratorias y visuales (Papáček, 2001).

El género *Buenoa* (Lám. 23) habita en cuerpos de agua dulce tanto lénticos como lóticos, por lo general en las orillas de los mismos, ya sea que haya o no vegetación acuática (Truxal, 1953).

El único género de esta familia (Notonectidae) que tiene una distribución mundial es *Notonecta* (Lám. 24) (Hungerford, 1933).



Lámina 23. *Buenoa* sp. (Notonectidae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista dorsal: ojo, pozo, hemielitro. Vista ventral: pata media, abdomen. Ambas: pata posterior.

[Ab = abdomen, H= hemielitro, O= ojo, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior, Pz = pozo].



Lámina 24. *Notonecta* sp. (Notonectidae: Nepomorpha: Hemiptera). Vista dorsal: ojo, escutelo, hemielitro. Vista ventral: pata media. Ambas: pata posterior.

[Ec= escutelo, H= hemielitro, O= ojo, Pta= pata anterior, Ptm= pata media, Ptp= pata posterior].