



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

SISTEMÁTICA

Ciliados epibiontes de crustáceos decápodos de agua dulce en la región de los lagos de Montebello, Chiapas. Un enfoque citológico, taxonómico y ecológico.

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

BIÓL. MIREYA RAMÍREZ BALLESTEROS

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Rosaura Mayén Estrada

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dr. José Luis Villalobos Hiriart

INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

FES IZTACALA, UNAM

Ciudad de México, abril de 2017



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

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

SISTEMÁTICA

Ciliados epibiontes de crustáceos decápodos de agua dulce en la región de los lagos de Montebello, Chiapas. Un enfoque citológico, taxonómico y ecológico.

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

BIÓL. MIREYA RAMÍREZ BALLESTEROS

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Rosaura Mayén Estrada

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dr. José Luis Villalobos Hiriart

INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

Dr. Alfonso Lugo Vázquez

FES IZTACALA, UNAM

Ciudad de México, abril de 2017

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/233/2017

ASUNTO: Oficio de Jurado

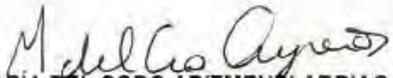
Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **30 de enero de 2017** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Sistemática** del (la) alumno (a) **RAMÍREZ BALLESTEROS MIREYA** con número de cuenta **100002131** con la tesis titulada "**Ciliados epibiontes de crustáceos decápodos de agua dulce en la región de los lagos de Montebello, Chiapas. Un enfoque citológico, taxonómico y ecológico**", realizada bajo la dirección del (la) **DRA. ROSAURA MAYÉN ESTRADA**:

Presidente: Dr. GABRIEL GUTIÉRREZ GRANADOS
Vocal: DRA. ANA MARGARITA HERMOSO SALAZAR
Secretario: DR. JOSÉ LUIS VILLALOBOS HIRIART
Suplente: DRA. ELVIA MANUELA GALLEGOS NEYRA
Suplente: DR. ALFONSO LUGO VÁZQUEZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 14 de marzo de 2017


DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



MCAA/MJFM/ASR/ipp

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM por brindarme una excelente calidad educativa.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo otorgado mediante la beca 330463 para realizar mis estudios de posgrado.

A la Dra. Rosaura Mayén Estrada, por haberme aceptado en su grupo de trabajo y brindarme su apoyo, enseñanzas, orientación y conocimientos. Su dedicación y constancia han sido fundamentales para mi formación académica y personal.

Al Dr. Alfonso Lugo Vázquez, miembro del comité tutor, por su valioso y constante apoyo, comentarios, aportaciones y por el tiempo brindado hacia este trabajo.

Al Dr. José Luis Villalobos Hiriart, miembro del comité tutor, por su valioso apoyo, conocimiento otorgado y asesoramiento durante mi proyecto.

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me brinda nuevamente la oportunidad para continuar con mis estudios profesionales. Es un orgullo ser parte de la Máxima Casa de Estudios.

Al Dr. Gregorio Fernandez Leborans, por recibirme en su laboratorio, por hacer posible mi estancia en la Universidad Complutense de Madrid, España y por todas las atenciones que hicieron de mi estancia algo más que una experiencia profesional.

A la Dra. María Valladolid, por recibirme en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, España y brindarme la oportunidad de trabajar en su laboratorio.

A la Dra. Ana Margarita Hermoso Salazar, a la Dra. Elvia Manuela Gallegos Neyra y al Dr. Gabriel Gutiérrez Granados, por ser parte del jurado de este proyecto, por el tiempo brindado en la revisión de esta tesis y por los comentarios, sugerencias y aportaciones que mejoraron este trabajo.

AGRADECIMIENTOS TÉCNICOS

A la Bióloga Margarita Reyes Santos, por su apoyo técnico en el procesamiento de las muestras, por la toma de fotografías especializadas, por la elaboración de técnicas de tinción e impregnación y por compartir todo su conocimiento y experiencia en ciliados. Gracias por ayudarme tanto, eres una parte fundamental de este proyecto.

Al Maestro en Artes Aldi de Oyarzabal Salcedo, por la elaboración de los esquemas de crustáceos. Agradezco el que hayas aceptado trabajar en este proyecto.

A Manuela Gallardo, por su apoyo en las técnicas tinción e impregnación de los ciliados en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid y por compartir su conocimiento. Gracias por tu compañía, amistad y por los bellos momentos que compartimos.

DEDICATORIA

A mi compañero Adrián, gracias por ser mi fuerza, mi cómplice, mi alegría, mi confidente, por ser mi todo. Te amo.

A mi madre Virginia, gracias por tu fortaleza, tu apoyo, tu amor, tu confianza. Gracias por todo mami.

A mi hermano Allan, gracias por cuidarme tanto, por tu apoyo y por siempre estar ahí. Te adoro.

A Margarita, por tu amistad, consejos, pláticas y enseñanzas. Gracias por convertirte en una maestra y en una gran amiga.

A mis amigos del laboratorio de Protozoología que hicieron de mi maestría una experiencia extraordinaria. Jazmín, gracias por tu amistad, nunca pensé encontrar una amistad tan bonita, te quiero Jaz. Victor por estar conmigo siempre y por tu sincera amistad. Carlos Durán por tus consejos, amistad y apoyo. Carlos A, por las mañanas de café y por las mejores pláticas matutinas. Daniel por ser un excelente compañero y amigo de maestría. Jorge, por tu honestidad y sentido del humor. Uziel, por tu alegría y maldad. Gerardo, por tu compañía y amistad.

A mis amigos del alma que sin ellos estaría perdida en la vida. Sandra y Lucas, gracias por ser mis hermanos y por apoyarme siempre, los adoro. Arlen, gracias por tu eterna compañía y amistad. Erika, Silvia y Bis, gracias chicas por ser incondicionales. René, por tu amistad inquebrantable. Gracias a todos por acompañarme en este camino.

ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros	I
Lista de figuras	II
Resumen	III
Abstract	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Epibiosis	1
1.2 Epibionte	2
1.3 Basibionte	3
1.4 Epibiosis en crustáceos	4
1.5 Crustáceos decápodos	4
1.6 Ciliados	7
1.6.1 Subclase Peritrichia	9
1.6.2 Subclase Suctoria	10
2. ANTECEDENTES	11
2.1 Ciliados epibiontes en crustáceos	11
2.2 Ciliados epibiontes en crustáceos de México	13
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. OBJETIVOS	15
5. METODOLOGÍA	16
5.1 Área de estudio	16
5.2 Trabajo en campo	21
5.3 Trabajo en laboratorio	21
5.3.1 Crustáceos	21
5.3.2 Ciliados	22
5.4 Análisis de datos	23
6. RESULTADOS	24
6.1 Crustáceos decápodos	24
6.2 Ciliados	31
6.3 Caracterización citológica y datos morfométricos de ciliados	34
6.3.1 Género <i>Cothurnia</i>	34
6.3.2 Género <i>Epistylis</i>	38
6.3.3 Género <i>Opercularia</i>	50
6.3.4 Género <i>Vorticella</i>	52
6.3.5 Género <i>Zoothamnium</i>	59
6.3.6 Género <i>Acineta</i>	62

6.3.7 Género <i>Podophrya</i>	65
6.3.8 Género <i>Tokophrya</i>	68
6.3.9 Género <i>Trichophrya</i>	73
6.4 Sistema epibiótico	75
6.4.1 Distribución de ciliados sobre basibiontes y temporada climática	75
6.4.2 Riqueza específica de ciliados por talla de basibionte	78
6.4.3 Riqueza específica de ciliados por temporada y localidades	79
6.4.4 Distribución de ciliados epibiontes en las localidades	81
6.5 Parámetros físicos y químicos del agua	83
7. DISCUSIÓN	88
7.1 Crustáceos decápodos	88
7.2 Ciliados	90
7.3 Sistema epibiótico	93
7.3.1 Distribución espacial de ciliados en los basibiontes	95
7.3.2 Distribución de ciliados en temporadas climáticas y localidades	97
7.4 Parámetros físicos y químicos del agua	99
8. CONCLUSIONES	101
9. LITERATURA CITADA	102

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
I	Géneros de la subclase Suctoria registrados en crustáceos	11
II	Géneros de la subclase Peritrichia registrados en crustáceos	12
III	Número de crustáceos decápodos recolectados en el área de estudio	29
IV	Datos morfométricos de crustáceos recolectados	30
V	Atributos morfométricos <i>Cothurnia imberbis</i> y <i>C. variabilis</i>	37
VI	Registros previos de <i>Epistylis plicatilis</i> en México	41
VII	Atributos morfométricos de ciliados del género <i>Epistylis</i>	49
VIII	Atributos morfométricos de <i>Opercularia articulata</i>	52
IX	Registros previos de <i>Vorticella campanula</i> en México	54
X	Atributos morfométricos de ciliados del género <i>Vorticella</i>	59
XI	Atributos morfométricos de <i>Zoothamnium dichotomum</i>	60
XII	Registros previos de <i>Acineta tuberosa</i> en México	63
XIII	Atributos morfométricos de <i>Acineta tuberosa</i>	64
XIV	Atributos morfométricos de <i>Podophrya maupasi</i> y <i>P. sandi</i>	68
XV	Registros previos de <i>Tokophrya quadripartita</i> en México	70
XVI	Atributos morfométricos de <i>Tokophrya cyclopum</i> y <i>T. quadripartita</i>	72
XVII	Atributos morfométricos de <i>Trichophrya astaci</i>	73
XVIII	Distribución de ciliados en el cuerpo de <i>Phrygiopilus montebelloensis</i>	76
XIX	Distribución de ciliados en el cuerpo de <i>Raddaus bocourti</i> (Río Trece)	76
XX	Distribución de ciliados en el cuerpo de <i>Raddaus bocourti</i> (Río Once)	77
XXI	Distribución de ciliados en el cuerpo de <i>Procambarus (Austrocambarus)</i> sp.	77
XXII	Riqueza específica de ciliados en las localidades de muestreo	82
XXIII	Parámetros físicos y químicos registrados en los sitios de muestreo	84

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Familias Cambaridae y Pseudothelphusidae en México	7
2	Sitios de muestreo en el Parque Nacional Lagunas de Montebello	18
3	Localidades de muestreo en el área de estudio	20
4	<i>Phrygiopilus montebelloensis</i> Álvarez y Villalobos, 1998	26
5	<i>Raddaus bocourti</i> A. Milne-Edwards, 1866	27
6	<i>Procambarus</i> (<i>Austrocambarus</i>) sp.	28
7	Comparación de tallas de crustáceos en los lagos de Montebello	30
8	<i>Cothurnia imberbis</i>	35
9	<i>Cothurnia variabilis</i>	36
10	<i>Epistylis bimarginata</i>	42
11	<i>Epistylis hentscheli</i>	43
12	<i>Epistylis niagarae</i>	44
13	<i>Epistylis thienemanni</i>	45
14	<i>Epistylis plicatilis</i>	46
15	<i>Epistylis</i> sp. 1	47
16	<i>Epistylis</i> sp. 2	48
17	<i>Epistylis</i> sp. 3	48
18	<i>Opercularia articulata</i>	51
19	<i>Vorticella campanula</i>	55
20	<i>Vorticella chlorostigma</i>	56
21	<i>Vorticella infusionum</i>	57
22	<i>Vorticella</i> sp. 1	58
23	<i>Vorticella</i> sp. 2	58
24	<i>Zoothamnium dichotomum</i>	61
25	<i>Acineta tuberosa</i>	64
26	<i>Podophrya maupasi</i>	66
27	<i>Podophrya sandi</i>	67
28	<i>Tokophrya cyclosum</i>	71
29	<i>Tokophrya quadripartita</i>	72
30	<i>Trichophrya astaci</i>	74
31	Regresión lineal de riqueza específica de ciliados en tallas de crustáceos	79
32	Riqueza específica de ciliados epibiontes en dos temporadas climáticas	80
33	Dendrograma de similitud entre localidades respecto a los ciliados	83
34	Parámetros físicos y químicos registrados en dos temporadas climáticas	85
35	Dendrograma de similitud entre localidades y parámetros físicos y químicos	86
36	Análisis de correspondencia canónica entre ciliados y parámetros físicos y químicos	87

RESUMEN

La epibiosis es una asociación facultativa e interespecífica de dos organismos, el epibionte y el basibionte, esta interacción es muy común entre ciliados y crustáceos decápodos debido a la superficie calcificada del crustáceo, ya que proporciona un sustrato óptimo para los ciliados epibiontes. A pesar de que la interacción es muy frecuente entre ciliados y decápodos, el conocimiento de la epibiosis entre estos organismos en la región de los lagos de Montebello en Chiapas, México, es inexistente, por lo que en el presente estudio se describe la distribución y prevalencia de las especies de ciliados epibiontes en crustáceos decápodos en dicha región. Se realizaron cuatro recolectas durante un periodo anual (2014-2015) en dos temporadas climáticas (lluvias y secas) en cuatro cuerpos de agua: tres lóticos (Río Montebello, Río Once, Río Trece) y uno léntico (Estanque Ya León). En cada uno de ellos se registró la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la conductividad para analizar su posible relación con la riqueza de especies de ciliados. Se recolectaron tres especies de crustáceos, dos especies de cangrejos, *Phrygiopilus montebelloensis* y *Raddaus bocourti* (familia Pseudothelphusidae) y un acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp. (familia Cambaridae). Se registraron los datos morfométricos de cada organismo recolectado, se sacrificaron, disectaron y se separaron en 11 apéndices con la finalidad de localizar a los ciliados epibiontes. Se realizó el registro morfométrico y microfotográfico de los ciliados y se utilizaron técnicas de tinción e impregnación para su identificación. Se registraron 23 especies de ciliados de las subclases Peritrichia de los géneros *Cothurnia*, *Epistylis*, *Opercularia*, *Vorticella* y *Zoothamnium* y de la subclase Suctoria de los géneros *Acineta*, *Podophrya*, *Tokophrya* y *Trichophrya*. La mayor riqueza específica se presentó en los acociles de la localidad Ya León; la riqueza específica de ciliados epibiontes entre las dos temporadas, lluvias y secas, no presentó diferencias significativas. Ninguna especie de ciliado se presentó en las cuatro localidades, la especie que se registró en tres sitios fue *Acineta tuberosa*, nueve especies se observaron en dos localidades y 13 especies se presentaron sólo en una localidad. Los parámetros físicos y químicos no reflejaron una relación entre la distribución y el número de especies de ciliados epibiontes en los crustáceos. Los resultados de este estudio son los primeros registros de epibiosis de ciliados en crustáceos decápodos en sistemas de agua dulce en el estado de Chiapas, además, este trabajo contribuye con cuatro nuevos registros de ciliados para México (*Cothurnia imberbis*, *Epistylis thienemanni*, *Opercularia articulata* y *Tokophrya cyclopum*) y un primer registro mundial de la epibiosis ciliado-crustáceo (*Epistylis hentscheli* - *Procambarus (Austrocambarus)* sp.).

ABSTRACT

Epibiosis is a facultative and interspecific association of two organisms, the epibiont and the basibiont, this interaction is highly common between ciliates and decapod crustaceans due the crustacean's calcified surface, because it provides an optimal substrate for epibiotic ciliate attachment. Despite interaction is often between ciliates and decapods, the epibiosis knowledge between those organisms in Montebello lakes, Chiapas, Mexico, is unknown. In this study the distribution and prevalence of epibiont ciliate species on decapod crustaceans in Montebello lakes is described. Four recollections were done through an annual cycle (2014-2015) considering two climatic seasons (rainy and dry). Four localities were selected: Montebello stream, Once stream, Trece stream and Ya León pond. In each one temperature, pH, dissolved oxygen concentration and conductivity were registered to analyze if any relationship with ciliate species richness. Three crustacean species were recollected, two crabs, *Phrygiopilus montebelloensis* and *Raddaus bocourti* (Fam. Pseudothelphusidae) and one crayfish *Procambarus (Austrocambarus)* sp. (Fam. Cambaridae). Morphometric data for each specimen were registered, then were sacrificed, dissected and all their appendices were separated to find the epibiont ciliates. Ciliates were measured and photographed, staining and impregnation methods were applied to identify them. Twenty-three ciliate species were identified, belonging to the genera *Cothurnia*, *Epistylis*, *Opercularia*, *Vorticella*, and *Zoothamnium* of subclass Peritrichia and *Acineta*, *Podophrya*, *Tokophrya* and *Trichophrya* of subclass Suctorina. The greatest species richness was in the crayfish from Ya León; epibiont ciliate species richness did not change significantly between both seasons, rainy and dry. Not a single ciliate species was found in all water bodies, but *Acineta tuberosa* was recorded in three, while nine species were recorded in two water bodies and just 13 species were recorded in one. Physicochemical parameters did not show a relation between epibiont ciliate distribution or his species richness on decapod crustaceans. Results of this research are the first records of ciliate epibiosis on decapod crustaceans in freshwater bodies in Chiapas State, in addition, four new records of ciliates for Mexico (*Cothurnia imberbis*, *Epistylis thienemanni*, *Opercularia articulata* and *Tokophrya cyclosum*) and one first world record of ciliate-crustacean epibiotic relationship (*Epistylis hentscheli* - *Procambarus (Austrocambarus)* sp.), are added.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Epibiosis

La epibiosis es una asociación facultativa e interespecífica de dos organismos, el epibionte y el basibionte. Los epibiontes son organismos que se adhieren durante la fase sésil de su ciclo de vida a la superficie de un sustrato, mientras que los basibiontes son los organismos que actúan como sustrato proporcionando un soporte para el epibionte (Threlkeld *et al.*, 1993).

Esta interacción ecológica se restringe a ambientes acuáticos, como marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Fernandez-Leborans, 2006), debido a la estructura molecular del agua (principalmente por su viscosidad) que reduce el peso específico de los organismos, lo que permite a los epibiontes adherirse a una gran diversidad de sustratos. La epibiosis es común cuando el sustrato duro disponible para las formas sésiles es limitado. Esta interacción se ha estudiado frecuentemente en ambientes marinos. El estudio de la epibiosis en ambientes dulceacuícolas ha crecido considerablemente en la última década (Wahl y Mark, 1999; Wahl, 2008).

La variabilidad de la epibiosis depende fundamentalmente de las características de los organismos involucrados, así como del medio. Los epibiontes pueden establecerse en ciertas partes o en todo el cuerpo del basibionte, la interacción puede ser permanente o temporal, debido a la disminución de las defensas o a cambios en el metabolismo del hospedero. El número de epibiontes en un basibionte dependerá de la disponibilidad de los mismos y de la calidad y grado de humedad del sustrato (basibionte) (Fernandez-Leborans y Gabilondo, 2006; Wahl, 2008).

La epibiosis puede modificar las interacciones entre el basibionte y los componentes bióticos y abióticos del ambiente. Gili *et al.* (1993) mencionaron que muchos organismos sésiles dependen de las características del sustrato al que se adhieren, por lo que la estructura, la fisiología y la ecología del basibionte, se reflejan en patrones de colonización de los epibiontes. El impacto de esta relación en las especies involucradas y en la dinámica de la

comunidad es predominantemente benéfica y se puede llegar a una especificidad asociativa y a la coevolución; por su parte, se ha registrado que cuando los efectos son negativos se puede llegar a un parasitismo (Fernandez-Leborans, 2010). La epibiosis es un proceso continuo y dinámico en el que los beneficios y costos para los basibiontes y sus epibiontes pueden cambiar dependiendo de las condiciones ambientales (Bush *et al.*, 2001).

1.2 Epibionte

El epibionte es el organismo que se adhiere a un sustrato (Threlkeld *et al.*, 1993). Según Wahl y Mark (1999), presentan las siguientes características: a) fase sésil en su ciclo de vida, b) capacidad de adhesión al sustrato y c) ciclo de vida corto. Son oportunistas con respecto a la colonización del sustrato eligiendo una gran variedad de superficies, aunque pueden ser más selectivos, los que se especializan en un sustrato específico son relativamente escasos, debido a los mecanismos de defensa del basibionte y a la dependencia del epibionte hacia el basibionte (Wahl y Mark, 1999; Fernandez-Leborans, 2010).

Los epibiontes utilizan diversas estrategias para la fijación al basibionte, por ejemplo, secretar sustancias adhesivas para fijarse a las superficies, producen estructuras con glicoproteínas que proporcionan una unión entre el organismo y la superficie, como el pedúnculo, el cual impide que el epibionte se separe por el movimiento del basibionte o por las corrientes de agua (Becker *et al.*, 2000). Los epibiontes obtienen ventajas de sus basibiontes como una superficie adecuada para adherirse (especialmente en zonas con inestabilidad de sustrato), dispersión y expansión geográfica, disponibilidad de nutrientes y una mejor eliminación de los desechos debido a las corrientes generadas por el basibionte. La epibiosis facilita la dispersión y el flujo genético, el epibionte obtiene protección contra la depredación, la competencia, la desecación, el estrés osmótico y las turbulencias en el agua (Abelló *et al.*, 1990; Key *et al.*, 1997; Fernandez-Leborans, 2003).

Sin embargo, los epibiontes están expuestos a efectos negativos de la epibiosis como la exposición a condiciones ambientales que no son adecuadas para ellos, pero sí para el basibionte. Estar adherido a un sustrato biológico representa depender de la inestabilidad del mismo dado el ciclo de vida que involucra, por ejemplo, el crecimiento y muda, cambios

fisiológicos en el hospedero y la depredación del basibionte (Threlkeld *et al.*, 1993; Mayén-Estrada y Aladro-Lubel, 2000; Fernandez-Leborans y Gabilondo, 2006).

1.3 Basibionte

El basibionte es el organismo que proporciona un sustrato a los epibiontes (Threlkeld *et al.*, 1993). Según Wahl y Mark (1999), las características generales de los basibiontes son: a) tener un ciclo de vida de más de tres meses; b) pertenecer a la comunidad epibentónica; c) poseer superficies del cuerpo que son fisiológicamente inactivas como caparazones o conchas; d) ser normalmente más grandes que los epibiontes y e) tener un movimiento lento.

Con la epibiosis, los basibiontes pueden obtener efectos positivos tales como un camuflaje óptico, disminución de la depredación, protección contra la desecación (en basibiontes que habitan en zonas semiterrestres), evitar la radiación ultravioleta dañina y reducir la fricción. Los epibiontes consumen los restos de alimento, proporcionando una limpieza continua al organismo (Wahl, 1989, 2008; Wahl y Mark, 1999).

Los efectos negativos de la epibiosis que se han documentado para el basibionte son la disminución de la reproducción, del crecimiento y de la supervivencia, así como la competencia con el epibionte por el alimento e inhibición de la muda que afecta el crecimiento, existe un aumento de peso del basibionte que reduce la flexibilidad del organismo, por su parte, el gasto energético de la locomoción y de la fricción con el agua es mayor. Cuando el epibionte se aloja en las branquias disminuye la capacidad respiratoria del basibionte interfiriendo con el intercambio gaseoso (Wahl, 1989; Xu y Burns, 1991; Weissman *et al.*, 1993).

1.4 Epibiosis en crustáceos

En la última década se han incrementado los registros de las relaciones epibióticas en crustáceos. Varios grupos como cladóceros, copépodos, cirrípedos, isópodos, anfípodos, misidáceos, eufáusidos y decápodos, se han reportado como basibiontes de ciliados (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a, 2000b).

La superficie calcificada del cuerpo del crustáceo es adecuada para la colonización ya que funge como un sustrato semipermanente, además, proporciona un hábitat óptimo para los epibiontes, brindando una amplia gama de microambientes adecuados para la epibiosis (Fernandez-Leborans, 2010).

Los crustáceos decápodos guardan una relación estrecha con los ciliados que se fijan a su exoesqueleto y branquias por medio de estructuras como el pedúnculo, debido a que habitan ambientes como ríos, arroyos, cascadas, humedales y cuevas, entre otros, por lo que la epibiosis entre estos dos organismos es muy frecuente (Fernandez-Leborans, 2010). Entre los grupos de ciliados epibiontes más comunes de los crustáceos decápodos se encuentra la subclase Peritrichia (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a), la subclase Suctoria (Batisse, 1994; Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000b) y la subclase Chonotricha (Jankowski, 1973).

1.5 Crustáceos decápodos

Los decápodos se caracterizan por poseer tres pares de apéndices torácicos modificados como maxilípedos asociados con la cavidad bucal y utilizados para manipular el alimento y crear corrientes de agua que bañan las cámaras branquiales, de igual forma, poseen cinco pares de apéndices con funciones de locomoción, de estos apéndices es que deriva el nombre de decápodo. La mayoría de las especies tiene una reproducción gonocórica, sin embargo, la reproducción puede variar dependiendo de la especie y poseen una diversidad morfológica de especies marinas, dulceacuícolas y semiterrestres (Álvarez *et al.*, 2014). Son organismos omnívoros que se alimentan de hojas, algas, insectos acuáticos, gasterópodos, ranas y peces

mueritos, algunos son detritívoros y juegan un papel importante en el ciclo y reciclaje de nutrientes dentro del ecosistema (Dobson *et al.*, 2007).

Los crustáceos son uno de los grupos más diversos de los artrópodos, con una distribución amplia y en una gran variedad de hábitats, son un grupo ecológicamente importante ya que son considerados como reguladores ecológicos, habitan en mares, océanos, lagunas, lagos, ríos, arroyos, cascadas, humedales y cuevas, entre otros ambientes acuáticos (Álvarez *et al.*, 2014).

A nivel mundial se han descrito 17,000 especies de crustáceos decápodos (De Grave, 2009), en México se han registrado 1,775 especies distribuidas en 537 géneros, lo que representa el 11.9% del total de especies en el mundo (Villalobos *et al.*, 2010). Del total de las especies de decápodos mexicanos, 178 son dulceacuícolas y están ubicadas en tres infraórdenes (Caridea, Astacidea y Brachyura) y en ocho familias (Alpheidae, Atyidae, Parastacidae, Cambaridae, Palaemonidae, Glyptograpsidae, Pseudothelphusidae y Trichodactylidae), representando un grupo heterogéneo, tanto en formas como en distribución espacial; esto se debe a la posición geográfica y a la diversidad de ambientes de nuestro país, con distintos componentes biogeográficos relacionados con las regiones Neártica y Neotropical de América (Villalobos *et al.*, 2010; Álvarez *et al.*, 2014).

Los cangrejos de la familia Pseudothelphusidae con 60 especies y los acociles de la familia Cambaridae con 56 especies, son elementos principales de la carcinofauna dulceacuícola mexicana y varias de ellas se distribuyen en el estado de Chiapas (Armendáriz, 2011; Álvarez *et al.*, 2012).

La familia Pseudothelphusidae en México, se distribuye siguiendo en un patrón neotropical, en los estados de Sinaloa, Sonora en el norte, Nayarit, Durango, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Hidalgo y Puebla, así como sobre la vertiente del Golfo de México y hasta la porción central de Veracruz (Villalobos y Álvarez, 2008; Álvarez *et al.*, 2012) (Fig. 1). Se encuentran preferentemente en las orillas de los cuerpos de agua, bajo las rocas, hojarasca o vegetación. Esta familia es la de mayor riqueza específica de los decápodos dulceacuícolas mexicanos y representa un componente importante en los ecosistemas, porque son

procesadores de materia orgánica y depredadores de invertebrados pequeños y peces (Álvarez *et al.*, 2005).

La familia Cambaridae en México incluye a decápodos que comúnmente se conocen como acociles, se distribuye siguiendo un patrón Neártico en la vertiente del Golfo de México de los estados de Tamaulipas a Tabasco, a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal y algunas especies en el centro y norte del país y hacia el sureste incluyendo el estado de Chiapas y la Península de Yucatán (Villalobos-Figueroa, 1955; Álvarez *et al.*, 2012) (Fig. 1). Los cambáridos constituyen un grupo de invertebrados importante en agua dulce, en áreas templadas y tropicales y se encuentran en el fondo de los cuerpos de agua, en la capa superficial de sedimento o asociados a las raíces de la vegetación riparia en los primeros 50 cm de profundidad; son de gran importancia ecológica, pues participan en el mantenimiento del equilibrio en la cadena alimentaria a través de los procesos de degradación de la materia orgánica dentro del sistema (Hobbs, 1991; Álvarez *et al.*, 2012).

Los patrones de distribución de las dos familias entran en contacto en diferentes provincias fisiográficas del estado Chiapas, colonizando una gran variedad de cuerpos de agua. Actualmente se conocen 45 especies de decápodos que se distribuyen en los cuerpos de agua dulce de Chiapas, lo que coloca a dicho estado en el primer lugar en diversidad de este grupo, seguido por los estados de Oaxaca y Veracruz (Álvarez *et al.*, 2012; Rosas-Hernández, 2012).



Figura 1. Distribución de las familias Cambaridae y Pseudothelphusidae en México. Puntos negros = acociles y puntos rojos = cangrejos. Tomado de Álvarez *et al.* (2012).

1.6 Ciliados

El phylum Ciliophora incluye aproximadamente 8,000 especies de organismos unicelulares, eucariontes y heterótrofos, de vida libre y simbioses. Se han registrado alrededor de 200 especies fósiles, 3,000 especies simbioses y los restantes de vida libre. Es considerado un grupo monofilético de acuerdo a tres caracteres morfológicos principales: el primero es la constitución del córtex, el cual es un complejo de organelos asociados a la membrana celular que define la forma del organismo; el segundo carácter es la heterocariosis, pues poseen dos tipos de núcleos, el macronúcleo y el micronúcleo. El macronúcleo poliploide controla el mecanismo bioquímico celular, regulando el metabolismo, mientras que el micronúcleo

suele ser diploide e involucrado en la recombinación genética; el tercer caracter es el proceso de conjugación en el que las células parentales intercambian material genético (Lynn, 2008).

Los ciliados conforman un grupo natural de protistas, se caracterizan por la presencia de estructuras ciliares simples o compuestas cuando menos en un estadio de su ciclo de vida denominadas cilios, éstos se originan en cuerpos basales o cinetosomas. Los cilios están distribuidos en diferentes patrones y tienen como función la locomoción y la alimentación, son estructuras cilíndricas, compuestas de microtúbulos, con un axonema ciliar que tiene un arreglo de microtúbulos 9+2 y están rodeados por citoplasma (Lynn, 2008; Mayén-Estrada *et al.*, 2014).

Los organismos del phylum Ciliophora presentan un intervalo amplio de hábitos alimenticios, son organismos heterótrofos (detritívoros y carnívoros) (Mayén-Estrada *et al.*, 2014) y especies como *Stichotricha secunda* y *Laboea strobila* son mixótrofos (Macek *et al.*, 2008). El tamaño de estos organismos varía de 10 µm a 4 mm y la forma también es muy variable (esféricos, cónicos, aplanados y alargados) (Lynn, 2008), el ciclo de vida tiene una fase asexual durante el cual ocurre el crecimiento y división celular y un proceso de conjugación donde ocurre el intercambio de material genético (Lynn, 2008; Mayén-Estrada *et al.*, 2014).

Habitán en sistemas acuáticos, ya sean dulceacuícolas, salobres o marinos, así como suelos húmedos, musgos, sedimentos, pastos y ambientes epífitos, la mayoría de las especies se consideran cosmopolitas (Lynn, 2008). En México los ciliados se encuentran distribuidos en 14 provincias biogeográficas y cuatro ecorregiones marinas, su amplia distribución geográfica se debe a su gran tolerancia o adaptabilidad a extensos intervalos de las condiciones físicas y químicas del ambiente (Lynn, 2008; Macek *et al.*, 2008; Mayén-Estrada *et al.*, 2014). Pueden ser libres nadadores o sésiles, los sésiles son organismos que viven adheridos a sustratos ya sean vivos o inertes, la implantación de estos organismos sésiles a diferentes superficies se realiza por medio de estructuras de fijación, como el pedúnculo o por una superficie de la célula o la lóriga (Lynn, 2008). Los ciliados de las subclases Peritrichia y Suctorina se caracterizan por poseer estructuras que les permiten adherirse a estos sustratos.

En México, se han registrado alrededor de 959 especies de ciliados y de éstas, 235 especies son libres nadadores y 90 son epibiontes que habitan en ambientes dulceacuícolas mexicanos (Mayén-Estrada *et al.*, 2014).

1.6.1 Subclase Peritrichia

La subclase Peritrichia Stein, 1859 incluye organismos que carecen de ciliatura somática y, generalmente, presentan una forma de campana invertida, de globo o cilindro. El cuerpo de los peritricos está dividido en tres regiones: 1) la región oral, capaz de contraerse y relajarse, posee un peristoma prominente rodeado por la haplocinetia que es una hilera de dicinétidas y por la policinetia oral ambas hileras se dirigen al infundíbulo y en la base de éste se encuentra el citostoma; 2) la región aboral que incluye los cinetosomas y parte de la escópula, la cual origina el pedúnculo en las especies sésiles y 3) la región de la franja locomotora (banda trocal), es una fila de cinetias que rodea en la región adoral al organismo y se presenta temporalmente durante la dispersión de las especies y es reabsorbida en la fase trófica (Lynn, 2008; Adl *et al.*, 2012).

De acuerdo con Lynn (2008) los peritricos comprenden dos órdenes, 19 familias y aproximadamente 121 géneros; pueden ser solitarios (*Vorticella*) o coloniales (*Epistylis*). Las especies solitarias frecuentemente se encuentran agregadas formando pseudocolonias (Lynn, 2008). En general, habitan en cuerpos de agua dulce, salobres y marinos, son organismos sésiles que se fijan al sustrato por medio de un pedúnculo rígido o contráctil; son filtradores que se alimentan principalmente de bacterias, originan larvas de vida libre para la dispersión, conjugación o escape y la reproducción es asexual por medio de fisión binaria longitudinal (Lynn, 2008; Adl *et al.*, 2012).

1.6.2 Subclase Suctoria

La subclase Suctoria Claparède y Lachmann, 1858, incluye organismos cuyo trofote (estado adulto) no presenta cilios y tienen una etapa larvaria ciliada (libre nadadora), que les permite desplazarse hasta llegar a un sustrato óptimo, fijándose a éste por medio de un pedúnculo (no contráctil) que se origina de la región escopular o fijándose mediante el cuerpo. Poseen estructuras orales en forma de tentáculos que son extensiones celulares cuya distribución es variable, ya que se pueden ubicar alrededor de todo el trofote, o bien, estar agrupados en fascículos y originarse de proyecciones elongadas conocidas como actinóforos; estos tentáculos en la región apical presentan haptocistos con los que inmovilizan y atrapan su alimento, considerándose carnívoros. Algunos suctores presentan una estiloteca o tecostilo, la cual es una prolongación de la lóriga con la que se adhieren al sustrato. Pueden presentar o carecer de lóriga, la cual está compuesta por proteínas, así como grupos sulfato y que representa el 15% del contenido total de las proteínas de la célula. La forma del trofote puede ser piramidal, ovalada o globosa (Dovgal, 2002; Lynn, 2008).

De acuerdo al tipo de gemación (exogenia, evaginogenia y endogenia), los suctores se ubican en tres órdenes: Exogenida, Endogenida y Evaginogenida (Lynn, 2008) y comprenden 41 familias y aproximadamente 126 géneros.

2. ANTECEDENTES

2.1 Ciliados epibiontes en crustáceos

Las especies de la subclase Suctoria han sido registradas como epibiontes de varios grupos de crustáceos; el orden Amphipoda es el grupo de crustáceos que posee más registros de géneros de suctores epibiontes (ocho géneros) y en el orden Mysida se ha registrado un género de ciliados suctores (Cuadro I) (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000b). En lo que respecta a la subclase Peritrichia, también se ha registrado en varios grupos de crustáceos, al igual que en Suctoria, Amphipoda es el grupo de crustáceos con más especies registradas de ciliados peritricos epibiontes (11 géneros), seguida por los órdenes Decapoda e Isopoda (nueve géneros), mientras que Branchiura solo presenta un género de ciliados (Cuadro II) (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a).

Cuadro I. Géneros de la subclase Suctoria registrados como epibiontes en crustáceos de acuerdo con Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000b (X = presencia).

GÉNEROS DE CILIADOS	GRUPOS DE CRUSTÁCEOS						
	Amphipoda	Branchiopoda	Copepoda	Isopoda	Mysida	Decapoda	Ostracoda
<i>Acineta</i>	X	X	X	X		X	X
<i>Brachyosoma</i>			X				
<i>Conchacineta</i>			X			X	
<i>Cryptacineta</i>	X						
<i>Dendrocometes</i>	X						
<i>Dendrosoma</i>	X					X	
<i>Ephelota</i>	X		X			X	X
<i>Paracineta</i>		X	X				
<i>Podophrya</i>	X					X	
<i>Tokophrya</i>	X	X	X	X	X	X	
<i>Trichophrya</i>	X		X			X	

Cuadro II. Géneros de la subclase Peritrichia registrados como epibiontes en crustáceos de acuerdo con Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a (X = presencia).

GÉNEROS DE CILIADOS	GRUPOS DE CRUSTÁCEOS						
	Amphipoda	Branchiopoda	Branchiura	Copepoda	Decapoda	Isopoda	Ostracoda
<i>Carchesium</i>		X			X	X	
<i>Cothurnia</i>	X				X	X	X
<i>Cyclodonta</i>				X	X		
<i>Epistylis</i>	X	X	X	X	X		
<i>Haplocaulus</i>	X					X	
<i>Intranstylum</i>	X					X	
<i>Lagenophrys</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Rhabdostyla</i>	X	X		X	X		X
<i>Trichodina</i>		X					
<i>Vorticella</i>	X	X		X	X	X	
<i>Opercularia</i>	X			X	X	X	
<i>Platycola</i>	X					X	
<i>Pseudocarchesium</i>	X			X			
<i>Zoothamnium</i>	X			X	X	X	

2.2 Ciliados epibiontes en crustáceos de México

En México los estudios acerca de ciliados epibiontes en crustáceos son escasos, los primeros trabajos fueron de Ochoa-Gasca (1969) y de López-Ochoterena y Ochoa-Gasca (1971), registrando 20 especies de ciliados epibiontes (13 peritricos y siete suctores) en el lago Zempoala, Morelos, sobre el acocil *Cambarellus montezumae zempoalensis*.

Molina-Garza (1989) registró siete especies de peritricos sobre el acocil *Procambarus clarkii* de un centro acuícola en Anáhuac, Nuevo León.

Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (1998, 2000, 2001, 2002) registraron la distribución y frecuencia de 20 especies (peritricos y suctores) adheridos al exoesqueleto y branquias del acocil *Cambarellus patzcuarensis*, en el lago Pátzcuaro, Michoacán y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2004) registraron al pilisuctórico *Conidophrys pilisuctor* en el anfípodo *Hyaella azteca* en el lago Pátzcuaro.

Vidal-Martínez *et al.* (2002) registraron cinco especies de ciliados epibiontes, cuatro peritricos y un suctor sobre *Farfantepenaeus* spp., *Litopenaeus vannamei* y *Palaemonetes pugio* en Celestún, Sisal, Chuburna, Dzilam y Ría Lagartos en la península de Yucatán.

Chávez-Ávila (2010) determinó diez especies de peritricos asociados a los braquiuros de las familias Panopeidae, Sesarmidae y Ocypodidae del estero Tampamachoco, Tuxpan, Veracruz.

Sigala-Regalado (2011) identificó dos especies de peritricos, *Pyxicola pussille* sobre el cangrejo *Pseudothelphusa mexicana* de la Cueva La Joya en Guerrero y a *Epistylis cambari* sobre el acocil *Procambarus (Villalobosus) cuetzalanae* de las Grutas de Karmidas en el estado de Puebla.

Romero-Niembro (2016) observó cinco especies de ciliados epibiontes, un suctor y cuatro peritricos, sobre el anfípodo *Hyaella azteca* en los lagos de Chalco, Estado de México y Xochimilco.

3. JUSTIFICACIÓN

El estado de Chiapas representa una de las entidades con mayor riqueza biológica de México, pero a pesar de contar con una alta diversidad de crustáceos decápodos, el conocimiento de la epibiosis entre crustáceo-ciliado en los lagos de Montebello, es inexistente.

Existe poca información acerca de la distribución de ciliados epibiontes de organismos de agua dulce en condiciones naturales (Fernandez-Leborans *et al.*, 1997; Mayén-Estrada y Aladro -Lubel, 2001). Hasta la fecha, no existe ningún listado o inventario taxonómico publicado que incluya a las especies de ciliados epibiontes de crustáceos que abarque la temporada de lluvias y la de secas en un ciclo anual en cuerpos de agua dulce de Chiapas, particularmente la zona de los lagos de Montebello.

Debido a la necesidad de incrementar el registro y el número de especies para los catálogos o inventarios nacionales de la biodiversidad dulceacuícola mexicana y de ampliar el conocimiento del sistema simbiótico ciliados-crustáceos, el presente trabajo contribuye con una base de información taxonómica que puede ser potencialmente utilizada para estudios biogeográficos, ecológicos o filogenéticos. Las especies de ciliados epibiontes que se registran en los decápodos, representan la primera mención de su presencia en estos crustáceos dulceacuícolas en los cuerpos de agua del estado de Chiapas, México.

4. OBJETIVO

Objetivo general

Describir la distribución y prevalencia de las especies de ciliados epibiontes asociados a crustáceos decápodos en cuerpos de agua dulce de la zona de los lagos de Montebello, Chiapas, México.

Objetivos específicos

- Realizar un listado taxonómico de ciliados epibiontes de crustáceos decápodos dulceacuícolas en la zona de los lagos de Montebello, Chiapas.
- Registrar y comparar la riqueza específica y la distribución espacial de los ciliados epibiontes en los basibiontes (crustáceos decápodos).
- Comparar la riqueza específica de los ciliados epibiontes entre localidades y época climática.
- Evaluar la relación entre algunos parámetros ambientales y la distribución y la riqueza específica de los ciliados epibiontes en los basibiontes.

5. METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio

El Parque Nacional Lagunas de Montebello (Fig. 2), se localiza en la región sureste del estado de Chiapas (16° 04' 40'' y 16° 10' 20'' N, 91° 37' 40'' y 91° 47' 40'' O) en la frontera con Guatemala, a 61 km de la Ciudad de Comitán, Chiapas. Abarca una superficie de 6,022 ha y comprende parte de los municipios La Independencia y La Trinitaria (CONANP, 2011).

El 16 de diciembre de 1959, se decretó como una de las primeras Áreas Naturales Protegidas en México, por ser una región de gran importancia ambiental debido a lo singular de su biodiversidad y a sus recursos hidrológicos, con la finalidad de preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas (CONANP, 2011).

El clima es semi-cálido con lluvias todo el año de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (2004). La temperatura media anual es de 22 °C con una oscilación de 3.6 °C, el mes más frío es enero con un promedio de 19.9 °C y el más cálido es abril con un promedio mensual de 25.6 °C. La precipitación anual es de 1,800 mm y en temporada de lluvias alcanza de 1,200 a 1,400 mm, mientras que la precipitación en temporada de secas es de 300 a 400 mm (CONANP, 2011).

La vegetación predominante es bosque de clima templado, caracterizado por bosque de coníferas, entre los que destacan los pinos, encinos y liquidámbar. La riqueza de especies leñosas en el Parque Nacional representa un 53% de la composición de especies registradas para la región de Los Altos de Chiapas, compuesta por 388 especies de arbustos y árboles. La vegetación dentro de los cuerpos de agua se caracteriza por ser enraizada y riparia. El 30% del Parque Nacional está destinado a zonas de cultivo (CONANP, 2011).

El Parque Nacional Lagunas de Montebello posee una gran diversidad de fauna silvestre y dentro del parque se ha documentado la presencia de siete especies de peces, 16 especies de anfibios, 42 especies de reptiles, 283 especies de aves, 64 especies de mamíferos y 102 especies de insectos (Martínez-Castellanos, 2005).

Montebello está comprendido en la Región Hidrológica Nacional No. 30 Grijalva-Usumacinta y forma parte de la subcuenca del Río Grande de Comitán con 545 km², que a su vez es parte de la cuenca del Río Lacantún. Las aguas que alimentan este sistema son principalmente subterráneas, constituyendo un complejo lacustre de origen cárstico, el proceso de carstificación forma y amplía complejos sistemas subterráneos de cuevas y canales interconectados que constituyen almacenes y conductos del manto freático (CONAGUA, 2014). Esta zona natural protegida se ubica en la región fisiográfica de la Altiplanicie de Chiapas y la Planicie Costera del Golfo, que forma parte de la provincia fisiográfica Sierras de Chiapas y Guatemala (Witt *et al.*, 2011).

La región del Parque Nacional Lagunas de Montebello, presentó diversos procesos geológicos como son la sedimentación, plegamiento y fallamiento (Arellano-Contreras y Jiménez-Salgado, 2011). El marco estructural del Parque Nacional está conformado por conjuntos de bloques levantados y hundidos, los bloques levantados están formados principalmente por anticlinales compuestos por estratos de rocas carbonatadas cretácicas y paleógenas, mientras que los bloques hundidos están formados por estratos terrígenos clásticos del Paleógeno (Witt *et al.*, 2011).

Para el estudio de los ciliados epibiontes de crustáceos fueron seleccionadas cuatro localidades dentro del Parque Nacional Lagunas de Montebello, considerando la disponibilidad de los basibiontes: a) Río Montebello (16°01' N y 91°70'O), b) Río Trece (16°0'N y 91°64'O), c) Río Once (16°0'N y 91° 64'O) y d) Estanque Ya León (16°0'N y 91°66'O) (Fig. 2). Las tres primeras localidades son cuerpos de agua naturales, mientras que la última localidad, el Estanque Ya León, es un cuerpo de agua artificial.

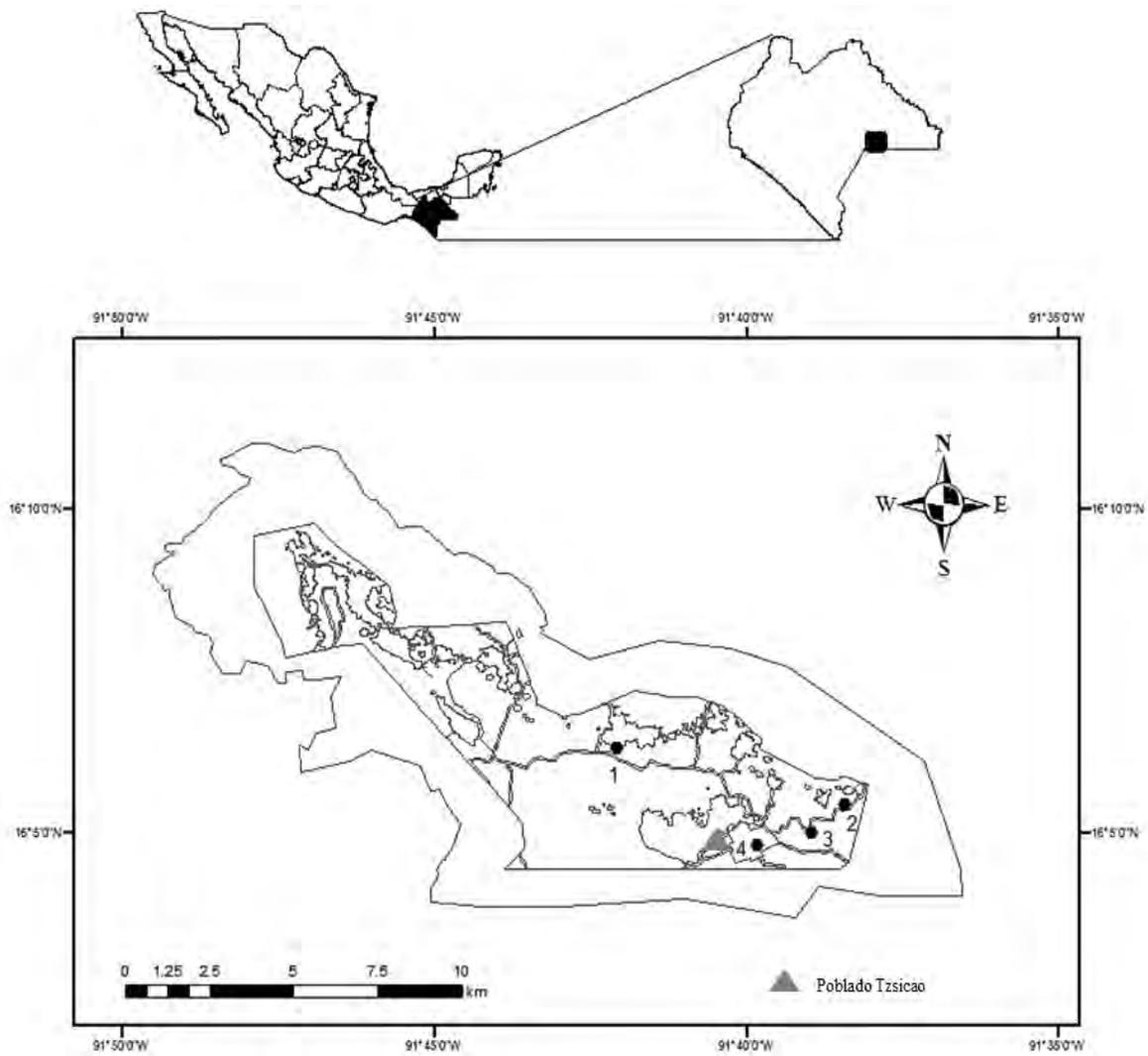


Figura 2. Localización de sitios de muestreo en el área de estudio del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas. 1) Río Montebello, 2) Río Trece, 3) Río Once y 4) Estanque Ya León.

Río Montebello

El río Montebello se ubica a un costado del Lago Montebello, es una de las fuentes de alimentación pluvial del lago, abarca 100 m de longitud y 1 m de ancho y se amplía hasta 2 m en las tres pozas que posee. Se encuentra a una altitud de 1,480 msnm. Es un ambiente lótico, pero con una corriente somera constante, con depósitos de restos vegetales y materiales sedimentarios arenoso-arcillosos, la profundidad promedio es de 40 cm y en las pozas llega a ser de 1.10 m. La transparencia es del 100%. La vegetación dentro del cuerpo de agua es hojarasca y la circundante es bosque de pino y encino. Este río es estacional, en

el mes de junio se seca por completo, lo que obliga a los crustáceos a enterrarse en el sustrato (Figs. 3a y 3b).

Río Trece

El río Trece se ubica a 50 m de la carretera No. 307 Palenque-La Trinitaria, a una altitud de 1,522 msnm y una longitud de 0.5 km, con un ancho de 5 m; la profundidad promedio es de 40 cm. Es un cuerpo de agua que desemboca en Dos Lagunas. La transparencia es de 100%, sin embargo, la corriente de agua impide la visibilidad. El sustrato predominante es roca caliza, seguido de arcillas, con restos vegetales. La vegetación a los costados es bosque de pino, encino y liquidámbar, con gran abundancia de plantas epífitas en estos árboles. Este río es permanente (Figs. 3c y 3d).

Río Once

El Río Once se ubica a 120 m de la carretera No. 307 Palenque-La Trinitaria, a una altitud de 1,480 msnm y abarca una longitud de 300 m, con un ancho de 2 m, la profundidad promedio es de 30 cm. La transparencia es de 100%. El sustrato es roca caliza con suelos arenosos, arcillosos y con pastos sumergidos en las orillas. La vegetación circundante predominante son encinos. Este río se caracteriza por la abundante presencia de moluscos. Este río es permanente (Figs. 3e y 3f).

Estanque Ya León

El Estanque Ya León está ubicado dentro del ejido de la comunidad de Tzsciao, a una altitud de 1,507 msnm, es un ambiente artificial léntico, utilizado para la acuacultura rústica, donde los ejidatarios cultivan tilapias, moluscos y acociles; el estanque está delimitado por plantas del género *Typha*. La vegetación es riparia y la circundante son encinos, pinos y liquidámbar. El estanque posee una superficie de 3 m² y una profundidad de 50 cm. La transparencia en el estanque es casi nula y al remover el sedimento se despiden un olor a materia orgánica descompuesta. El sustrato predominante dentro del estanque es lodo, arcilla y hojarasca en descomposición (Figs. 3g y 3h).

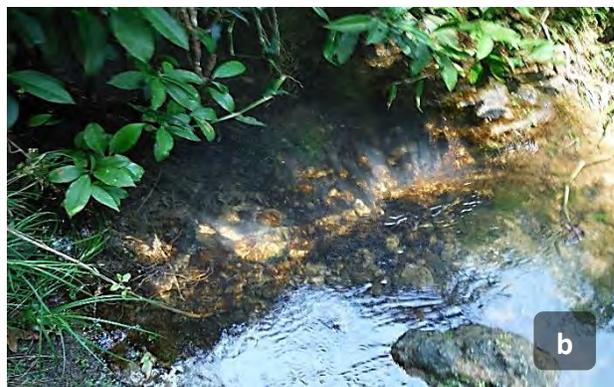


Figura 3. Localidades de estudio a y b = Río Montebello, c y d = Río Trece, e y f = Río Once, g y h = Estanque Ya León.

5.2 Trabajo en campo

Se realizaron cuatro recolectas durante un periodo anual (2014-2015) en dos temporadas climáticas, lluvias (septiembre de 2014 y junio de 2015) y secas (enero y octubre de 2015).

Los decápodos se recolectaron de forma manual con la ayuda de cebos y utilizando una red de 0.5 cm de abertura de malla. Cada uno de los individuos se colocó en frascos de 250 ml con agua del medio y del total de la muestra, la mitad se fijó *in situ* en etanol 70% y la otra mitad se trasladó viva hasta llegar al laboratorio de Protozoología, Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

En los cuerpos de agua muestreados se registraron la temperatura y el pH con un multianalizador Boyu PH0, el oxígeno disuelto con un oxímetro modelo YSI-55/12 FT y la conductividad con un conductímetro digital HM modelo COM-100, con la finalidad de conocer las condiciones de los cuerpos de agua e inferir los parámetros que pueden relacionarse con la riqueza de las comunidades de ciliados y sus basibiontes.

5.3 Trabajo en laboratorio

5.3.1 Crustáceos

En el laboratorio, se colocaron los crustáceos vivos en acuarios y fueron alimentados cada tercer día con alimento comercial Camaronina (35% de proteína). En todos los casos, se registraron los datos morfométricos de cada organismo y el sexo; en el caso de los cangrejos se midió el largo (LC) y el ancho del caparazón (AC) y para los acociles la longitud total (LT) y la longitud cefalotorácica (LCT). Posteriormente, se sacrificaron y disectaron, separando apéndices corporales y/o tagmas: urópodos (U), telson (T), pleópodos (PL), pereiópodos (PE), caparazón (C), quelas (Q), antenas (A), anténulas (AN), ojos (O), branquias (B) y partes bucales (PB), bajo un microscopio estereoscópico Nikon SMZ 800. Cada segmento se colocó en un portaobjetos excavado, con agua destilada y se observó al microscopio de contraste diferencial de interferencia (DiC) Nikon Optiphot y al microscopio de contraste de fases Zeiss, con la finalidad de localizar los ciliados epibiontes en cada uno

de ellos. Con el material fijado en etanol 70% se realizó el mismo procedimiento que con los crustáceos vivos. Las ilustraciones científicas de los crustáceos fueron realizadas por el M. en A. Aldi de Oyarzabal-Salcedo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Para la identificación de los crustáceos se utilizó literatura especializada (Villalobos, 1955; Rodríguez y Smalley, 1969; Rodríguez, 1982; Holthuis, 1986; López-Mejía, 2008; Álvarez *et al.*, 2011) y se siguió el sistema de clasificación de Ahyong *et al.* (2011).

5.3.2 Ciliados

Para cada especie de ciliado observado en vivo, se realizó un esquema, señalando sus características citológicas apreciables, además, se consideraron atributos como el tipo de movimiento y datos morfométricos del zooide y/o del trofote, longitud y ancho, longitud del pedúnculo y ancho de la abertura peristomal, número y longitud de los tentáculos; asimismo, se realizó el registro microfotográfico con una cámara digital Nikon Digital Sight DS2Mv adaptada a un microscopio Nikon Labophot-2/AX70.

Para la fijación o postfijación de los ciliados se empleó alcohol al 70% para realizar las técnicas de tinción e impregnación utilizadas para resaltar las estructuras indispensables para la identificación de los ciliados a nivel específico, dichas técnicas fueron: hematoxilina de Harris, carbonato de plata piridinado y protargol (Foissner, 2014).

Para la determinación de los ciliados se consultó literatura especializada (Kahl, 1935; Nenninger, 1948; Stiller, 1971; Curds, 1985a, 1985b; Warren, 1986; Warren y Paynter, 1991; Dovgal, 2002; Mayén-Estrada y Aladro -Lubel, 2002) y se siguió el sistema de clasificación de Lynn (2008).

5.4 Análisis de datos

Para comparar y analizar la relación y riqueza específica de los ciliados epibiontes entre localidades y entre los decápodos basibiontes, se llevó a cabo un análisis jerárquico de conglomerados, utilizando como medida de similitud el índice de Jaccard y el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted pair-group average) (Gower, 1967).

Para inferir la relación de algunos parámetros ambientales con la riqueza específica de los ciliados epibiontes de crustáceos en las temporadas de lluvias y de secas se realizó un análisis jerárquico de conglomerados utilizando como medida de similitud el valor de uno menos el coeficiente de correlación de Pearson ($1-r$ de Pearson) y el método de agrupamiento UPGMA (Legendre y Legendre, 1983).

El paquete estadístico que se utilizó fue PAST 3.13 2016 para Windows y para crear las tablas con datos se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel 2016.

6. RESULTADOS

6.1 Crustáceos decápodos

En el Parque Nacional Lagunas de Montebello, se recolectaron tres especies de decápodos en las cuatro localidades de estudio, *Phrygiopilus montebelloensis* Álvarez y Villalobos, 1998 (Fig. 4) en la localidad Río Montebello, *Raddaus bocourti* A. Milne-Edwards, 1866 (Fig. 5) en las localidades Río Trece y Río Once y *Procambarus (Austrocambarus)* sp. (Fig. 6) en la localidad Estanque Ya León.

Se recolectó un total de 207 crustáceos decápodos en los cuatro sitios de muestreo en las dos temporadas climáticas, 38 ejemplares de *P. montebelloensis*, 73 de *Raddaus bocourti* y 96 ejemplares de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. (Cuadro III).

La clasificación taxonómica de los crustáceos decápodos identificados es la siguiente, de acuerdo a la propuesta de Ahyong *et al.* (2011).

PHYLUM Arthropoda von Siebold, 1848

SUBPHYLUM Crustacea Brunnich, 1772

CLASE Malacostraca Latreille, 1802

SUBCLASE Eumalacostraca Grobben, 1892

SUPERORDEN Eucarida Calman, 1904

ORDEN Decapoda Latreille, 1802

SUBORDEN Pleocyemata Burkenroad, 1963

INFRAORDEN Astacidea Latreille, 1802

SUPERFAMILIA Astacoidea Latreille, 1802

FAMILIA Cambaridae Hobbs, 1942

SUBFAMILIA Cambarinae Hobbs, 1942

GÉNERO *Procambarus* Ortmann, 1905

SUBGÉNERO *Procambarus*

(*Austrocambarus*) Hobbs, 1972

Procambarus (Austrocambarus) sp.

INFRAORDEN Brachyura Latreille, 1802

SECCIÓN Eubrachyura de Saint Laurent, 1980

SUBSECCIÓN HETEROTREMATA Guinot, 1977

SUPERFAMILIA Pseudothelphusoidea Ortmann, 1893

FAMILIA Pseudothelphusidae Ortmann, 1893

TRIBU Potamocarcinini Ortmann, 1897

GÉNERO *Phrygiopilus* Smalley, 1970

Phrygiopilus montebelloensis Álvarez y Villalobos, 1998

GÉNERO *Raddaus* Pretzmann, 1965

Raddaus bocourti A. Milne-Edwards, 1866

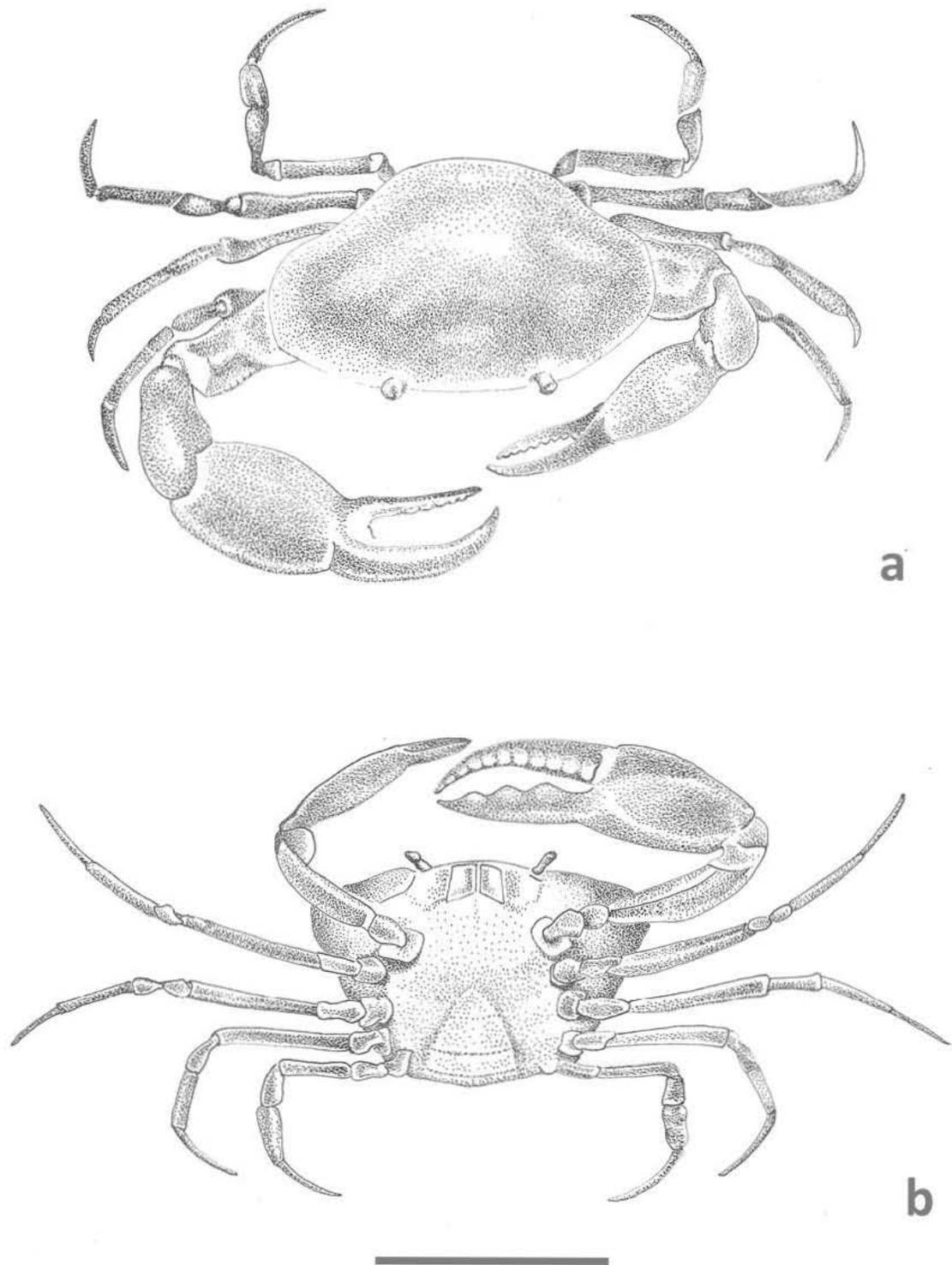


Figura 4. *Phrygiopilus montebelloensis* Álvarez y Villalobos, 1998. a = vista dorsal y b = vista ventral, barra de referencia = 3 cm. (Elaborado por el M. en A. Aldi de Oyarzabal-Salcedo, 2016).

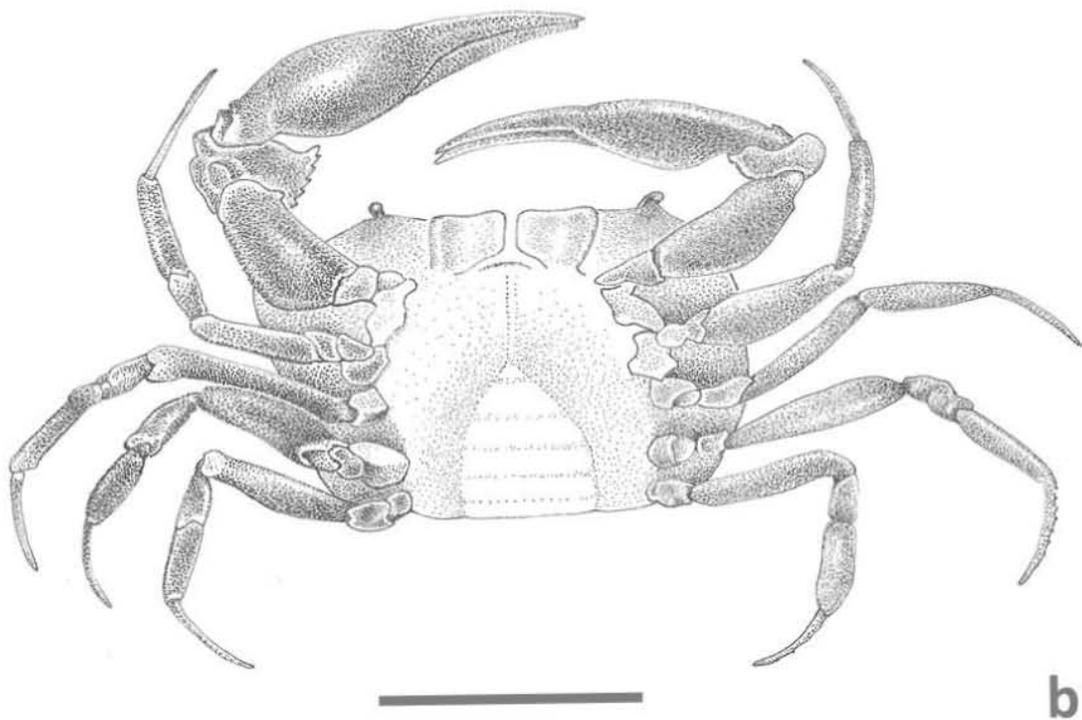
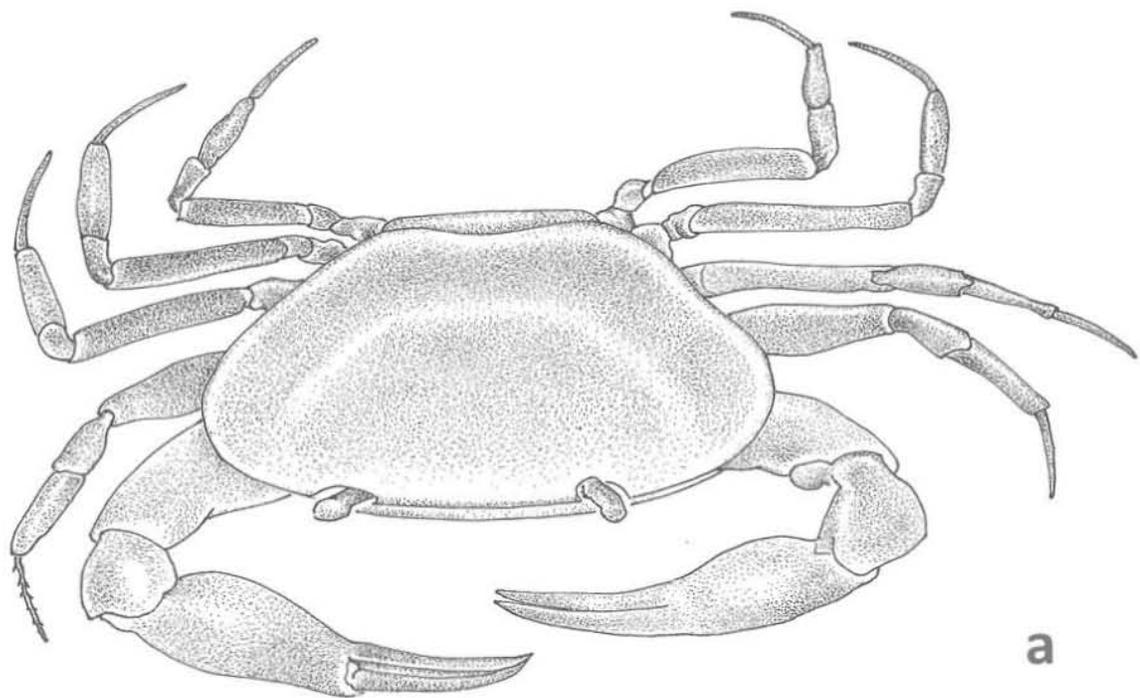


Figura 5. *Raddaus bocourti* A. Milne-Edwards, 1866. a = vista dorsal y b = vista ventral, barra de referencia = 4 cm. (Elaborado por el M. en A. Aldi de Oyarzabal-Salcedo, 2016).

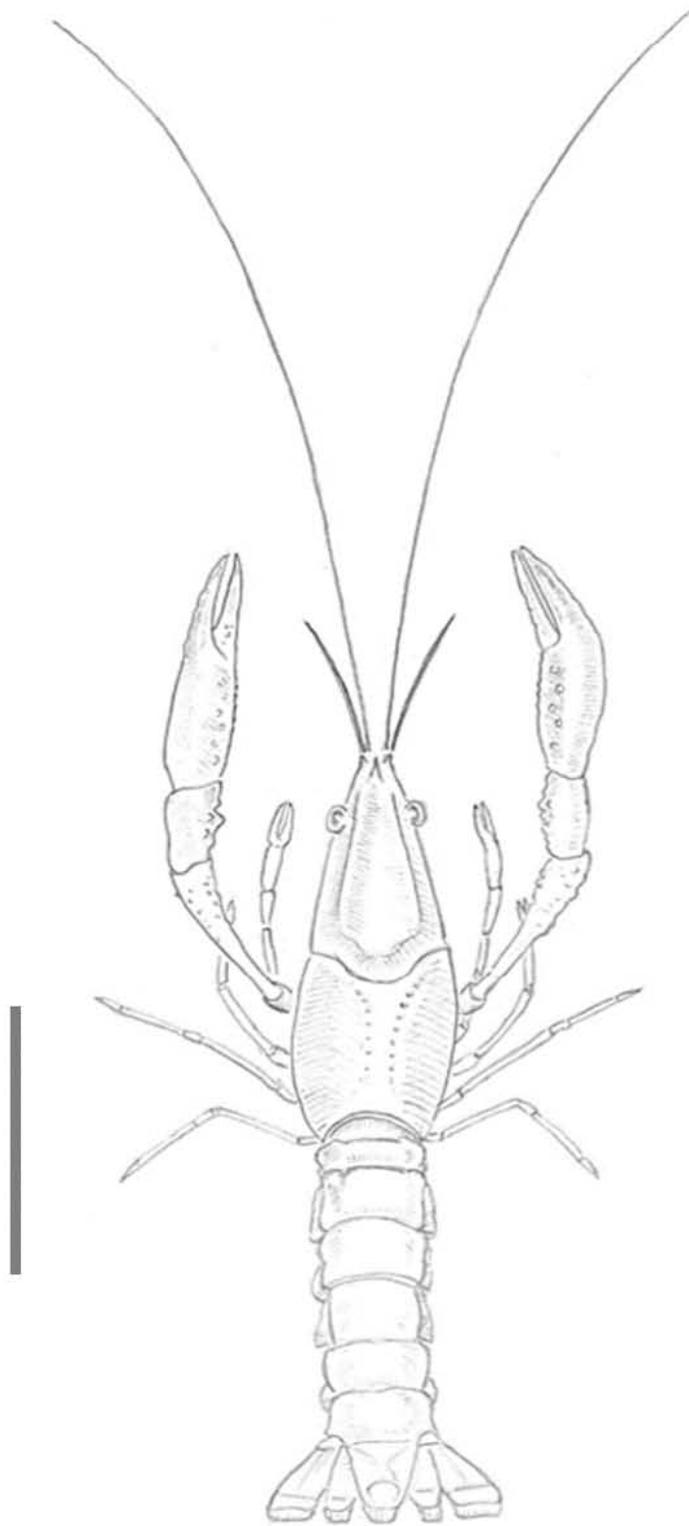


Figura 6. *Procambarus (Austrocambarus)* sp. Vista dorsal , barra de referencia = 3 cm (Elaborado por el M. en A. Aldi de Oyarzabal-Salcedo, 2016).

En la temporada de lluvias se capturaron 103 decápodos y en la temporada de secas 104, sin embargo, el esfuerzo de muestreo en lluvias fue mayor, ya que el nivel del agua se elevó hasta un 20%. En lo que respecta a la proporción de sexos, se recolectaron un total de 127 hembras y 80 machos en las dos temporadas climáticas, en las cuatro localidades de muestreo en el Parque Nacional Lagunas de Montebello (Cuadro III).

En el Río Montebello las hembras fueron más numerosas, sin embargo, las tallas más grandes las presentaron los machos; para el Río Trece las tallas más grandes las presentaron los machos; en el Río Once las hembras presentaron las tallas más pequeñas de todos los cangrejos analizados y en el Estanque Ya León, los acociles machos presentaron las tallas más grandes (Cuadro IV y fig. 7).

Cuadro III. Número de decápodos recolectados en los cuatro sitios de muestreo en el área de estudio en dos temporadas climáticas.

DECÁPODO	LOCALIDADES							
	Río Montebello		Río Trece		Río Once		Ya León	
	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas
<i>Phrygiopilus</i>	9 ♀	15 ♀						
<i>montebelloensis</i>	6 ♂	8 ♂						
<i>Raddaus bocourti</i>			18 ♀	10 ♀	6 ♀	9 ♀		
			10 ♂	9 ♂	4 ♂	7 ♂		
<i>Procambarus</i>							35 ♀	25 ♀
<i>(Austrocambarus) sp.</i>							15 ♂	21 ♂

Lluvias = septiembre (2014) y junio (2015), secas = enero y octubre (2015), ♂ = Machos y ♀ = Hembras.

Cuadro IV. Datos morfométricos de crustáceos decápodos recolectados en los Lagos de Montebello, Chiapas.

Crustáceos	Sexo	N	\bar{X} LC \pm DE	\bar{X} AC \pm DE
CANGREJOS				
<i>Phrygiopilus montebelloensis</i>	♀	24	2.53 \pm 0.120	1.32 \pm 0.126
<i>Phrygiopilus montebelloensis</i>	♂	14	2.68 \pm 0.116	1.47 \pm 0.046
<i>Raddaus bocourti</i> (Río Trece)	♀	28	2.72 \pm 0.212	2.26 \pm 0.069
<i>Raddaus bocourti</i> (Río Trece)	♂	19	2.75 \pm 0.138	2.25 \pm 0.077
<i>Raddaus bocourti</i> (Río Once)	♀	15	2.4 \pm 0.160	1.36 \pm 0.112
<i>Raddaus bocourti</i> (Río Once)	♂	11	2.55 \pm 0.093	1.34 \pm 0.121
ACOCIL				
<i>Procambarus (Austrocambarus) sp.</i>	♀	60	5.9 \pm 1.622	2.95 \pm 0.811
<i>Procambarus (Austrocambarus) sp.</i>	♂	36	6.1 \pm 1.469	3.05 \pm 0.734

N = número de muestra, \bar{X} = media muestral, LC = longitud de caparazón, AC= ancho del caparazón, LT= longitud total, LCT = longitud cefalotorácica, DE = desviación estándar, ♂ = Machos y ♀ = Hembras.

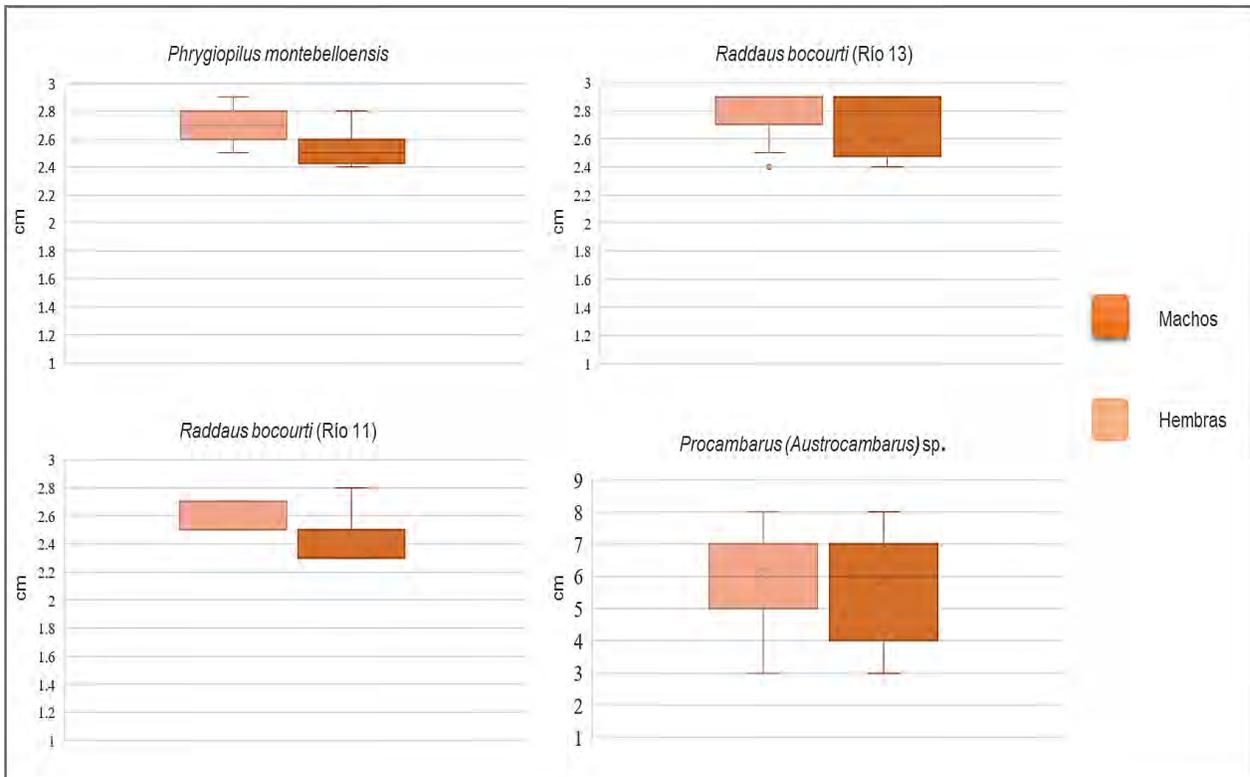


Figura 7. Comparación de tallas de crustáceos recolectados en los Lagos de Montebello, Chiapas.

6.2 Ciliados

Se identificaron 23 especies de ciliados epibiontes en los decápodos, distribuidas en las subclases Peritrichia y Suctoria. Las 17 especies de la subclase Peritrichia fueron: *Cothurnia imberbis* Ehrenberg, 1831, *Cothurnia variabilis* Kellicott, 1883, *Epistylis bimarginata* Nenninger, 1948, *Epistylis hentscheli* Kahl, 1935, *Epistylis niagarae* Kellicott, 1883, *Epistylis plicatilis* Ehrenberg, 1831, *Epistylis thienemanni* Sommer, 1951, *Epistylis* sp. 1, *Epistylis* sp. 2, *Epistylis* sp. 3, *Opercularia articulata* Goldfuss, 1820, *Vorticella infusionum* Dujardin, 1841, *Vorticella campanula* Ehrenberg, 1831, *Vorticella chlorostigma* Ehrenberg, 1831, *Vorticella* sp. 1, *Vorticella* sp. 2 y *Zoothamnium dichotomum* Wright-Kent, 1882. Seis especies fueron suctores (subclase Suctoria): *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1833, *Podophrya maupasi* Butschli, 1889, *Podophrya sandi* Collin, 1911, *Tokophrya cyclosum* Claparède y Lachmann, 1859, *Tokophrya quadripartita* Claparède y Lachmann, 1859 y *Trichophrya astaci* Stein, 1859.

Clasificación taxonómica de ciliados epibiontes

La clasificación taxonómica de las especies de ciliados registradas de acuerdo con Lynn (2008) es la siguiente:

PHYLUM Ciliophora Doflein, 1901

SUBPHYLUM Intramacronucleata Lynn, 1996

CLASE Oligohymenophorea Puytorac, Batisse, Bohatier, Corliss, Deroux,
Didier, Dragesco, Fryd-Versavel, Grain, Grolière,
Hovasse, Iftode, Laval, Roque, Savoy y Tuffrau, 1974

SUBCLASE Peritrichia Stein, 1859

ORDEN Sessilida Kahl, 1933

FAMILIA Vaginicolidae de Fromentel, 1874

GÉNERO *Cothurnia* Ehrenberg 1853

***Cothurnia imberbis* Ehrenberg, 1831**

***Cothurnia variabilis* Kellicott, 1883**

FAMILIA Epistylididae Kahl, 1933

GÉNERO *Epistylis* Ehrenberg, 1830

Epistylis bimarginata Nennering, 1948

Epistylis hentscheli Kahl, 1935

Epistylis niagarae Kellicott, 1883

Epistylis plicatilis Ehrenberg, 1831

Epistylis thienemanni Sommer, 1951

Epistylis sp. 1

Epistylis sp. 2

Epistylis sp. 3

FAMILIA Operculariidae Fauré-Fremiet en Corliss, 1979

GÉNERO *Opercularia* Goldfuss, 1820

Opercularia articulata Goldfuss, 1820

FAMILIA Vorticellidae Ehrenberg, 1838

GÉNERO *Vorticella* Linnaeus, 1767

Vorticella campanula Ehrenberg, 1831

Vorticella chlorostigma Ehrenberg, 1831

Vorticella infusionum Dujardin, 1841

Vorticella sp. 1

Vorticella sp. 2

FAMILIA Zoothamniidae Sommer, 1951

GÉNERO *Zoothamnium* Ehrenberg, 1838

Zoothamnium dichotomum Wright-Kent, 1882

CLASE Phyllopharyngea Puytorac, Batische, Bohatier, Corliss, Deroux,
Didier, Dragesco, Fryd-Versavel, Grain, Grolière,
Hovasse, Iftode, Laval, Roque, Savoy y Tuffrau, 1974

SUBCLASE Suctoria Claparède y Lachmann, 1858

ORDEN Endogenida Collin, 1912

FAMILIA Acinetidae Stein, 1859

GÉNERO *Acineta* Ehrenberg, 1833

***Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1833**

ORDEN Exogenida Collin, 1912

FAMILIA Podophryidae Haeckel, 1866

GÉNERO *Podophrya* Ehrenberg, 1833

***Podophrya maupasi* Butschli, 1889**

***Podophrya sandi* Collin, 1911**

FAMILIA Tokophryidae Jankowski, 1985

GÉNERO *Tokophrya* Bütschli, 1889

Tokophrya cyclopum

Claparède y Lachmann, 1859

Tokophrya quadripartita

Claparède y Lachmann, 1859

FAMILIA Trichophryidae Bütschli, 1879

GÉNERO *Trichophrya* Claparède y
Lachmann, 1859

***Trichophrya astaci* Stein, 1859**

6.3 Caracterización citológica y datos morfométricos

6.3.1 Género *Cothurnia*

Las especies del género *Cothurnia* se caracterizan por poseer una lóriga, que es la estructura de protección, que no se cierra y está formada por proteínas, tiene una apertura apical y un pedúnculo en la región antapical; los zooides son típicamente cilíndricos o en forma de trompeta y al extenderse sobrepasan la lóriga. Es uno de los géneros de peritricos más comunes registrados en crustáceos.

Cothurnia imberbis (Cuadro V y fig. 8) se encontró adherida por medio de un pedúnculo con un mesostilo estriado a los pleópodos de las hembras tanto de *Phrygiopilus montebelloensis* como de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en las localidades Río Montebello y Estanque Ya León, respectivamente. El macronúcleo en banda es estrecho y curvado. En México no se tienen registros de este ciliado, siendo los de este trabajo los primeros para el estado de Chiapas en ambos decápodos.

Cothurnia variabilis (Cuadro V y fig. 9) posee una lóriga en forma de pera, redondeada en la región aboral y curvada en la región oral, adherida a las branquias del acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp. y del cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis* por medio de un pedúnculo corto y grueso sin estriaciones, carente de mesostilo y endostilo; con un zooide por lóriga, cada zooide presenta un macronúcleo en banda y en forma de “C”.

Cothurnia variabilis fue registrada previamente en México en ambientes dulceacuícolas (Mayén-Estrada, 1997; Mayén-Estrada y Aladro -Lubel, 2000) en Michoacán en el Lago Pátzcuaro sobre el acocil *Cambarellus patzcuarensis*. Los registros en este trabajo de *Cothurnia variabilis* representan los primeros del peritrico en el estado de Chiapas en ambos decápodos.

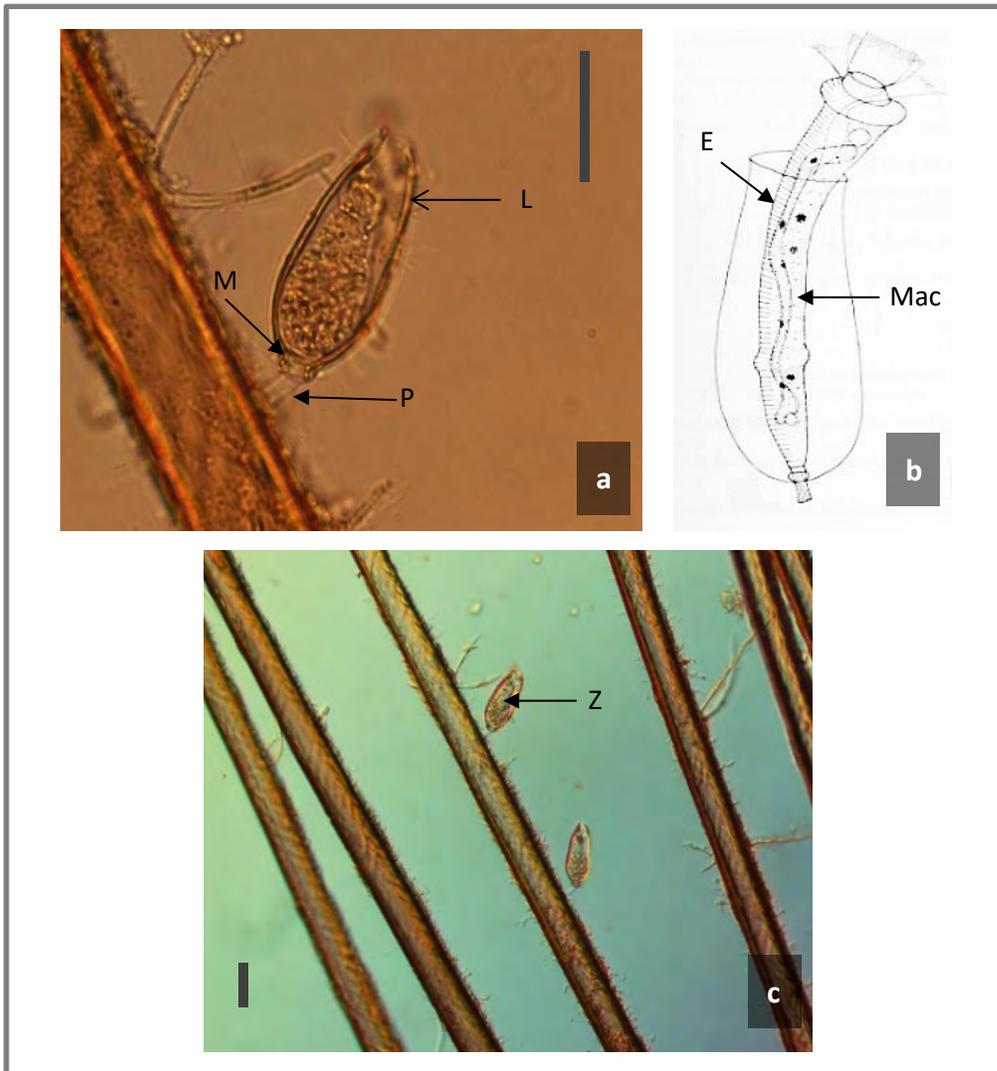


Figura 8. *Cothurnia imberbis*, a y c) organismo en vivo sobre los pleópodos de *Phrygiopilus montebelloensis*; b) esquema modificado de Warren y Paynter (1991). E = estrías, L= lóriga, Mac = macronúcleo, M = mesostilo, P = pedúnculo y Z = zooide. Barra de referencia = 20 μ m.

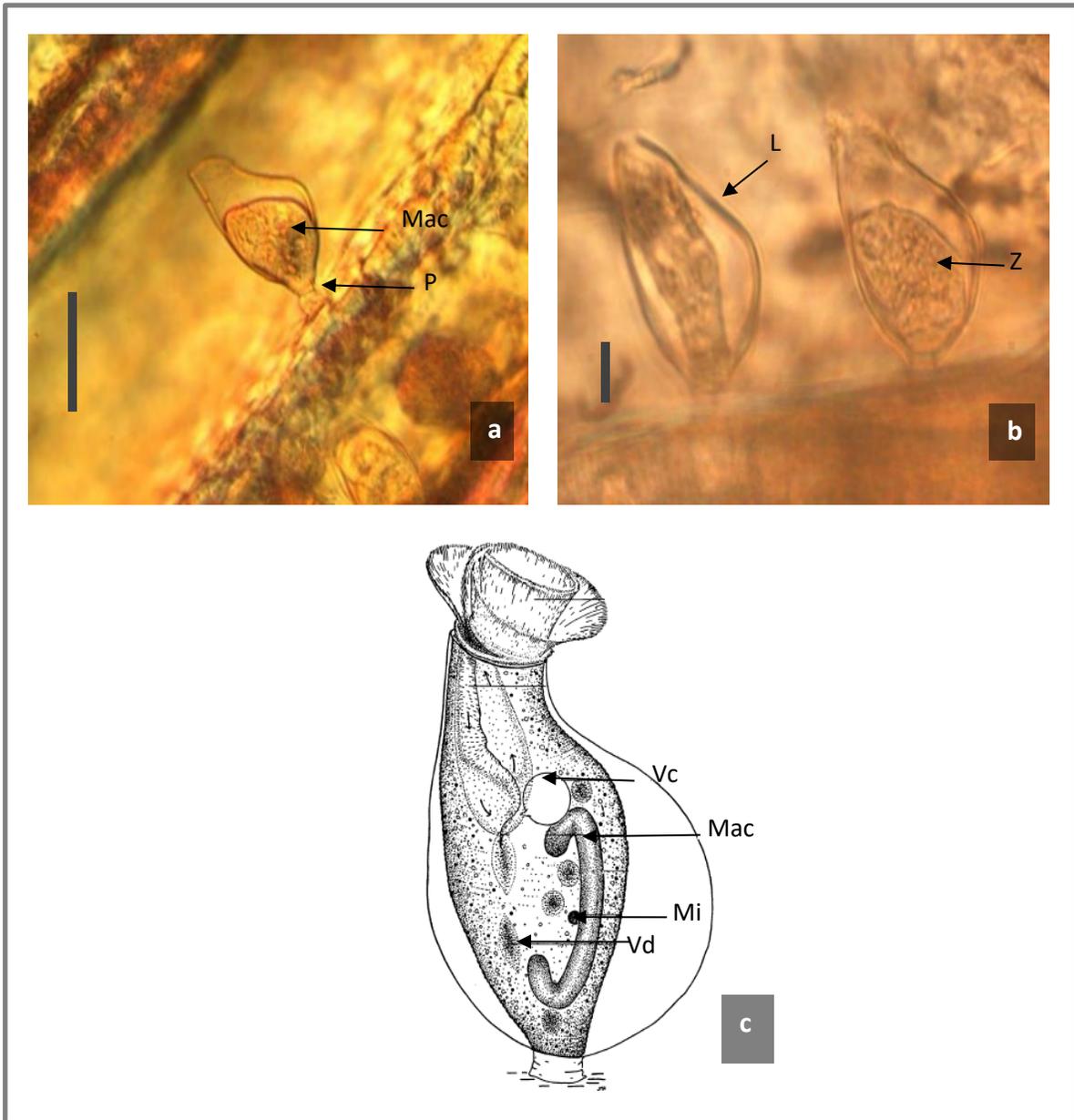


Figura 9. *Cothurnia variabilis*, a y b) organismos en vivo sobre las branquias de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. c) esquema modificado de Hamilton (1952). L= lóriga, Mac = macronúcleo, Mi = micronúcleo, P = pedúnculo, Vc = vacuola contráctil, Vd = vacuola digestiva y Z = zooide. Barra de referencia = 30 μ m.

Cuadro V. Atributos morfométricos de *Cothurnia imberbis* y *Cothurnia variabilis* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$).

ATRIBUTOS	ESPECIES	
	<i>Cothurnia imberbis</i> (n = 12)	<i>Cothurnia variabilis</i> (n = 32)
Longitud del zooide	$\bar{x} = 39.6 \pm 7.2$	$\bar{x} = 46 \pm 7$
Ancho del zooide	$\bar{x} = 28.5 \pm 10$	$\bar{x} = 22 \pm 10$
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 10.8 \pm 4$	$\bar{x} = 10.8 \pm 4$
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 3.6 \pm 0.2$	$\bar{x} = 3.6 \pm 0.1$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 3.1 \pm 0.6$	$\bar{x} = 4.2 \pm 1.6$
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 18 \pm 3$	$\bar{x} = 19 \pm 1$
Longitud de la lóriga	$\bar{x} = 50.4 \pm 3$	$\bar{x} = 68 \pm 6$
Ancho de la lóriga	$\bar{x} = 28.5 \pm 8$	$\bar{x} = 36 \pm 1$
Diámetro de la abertura de la lóriga	$\bar{x} = 10.2 \pm 5$	$\bar{x} = 15.4 \pm 9$

E.E. = error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.2 Género *Epistylis*

El género *Epistylis* incluye organismos coloniales cuyo pedúnculo es ramificado, no contráctil (carente de espasmonema), cada zooide presenta un labio peristomal y un disco epistomal bien definidos en la región oral del cuerpo, el infundíbulo generalmente abarca gran parte del cuerpo; los zooides son alargados y generalmente en forma de jarrón. Este género es muy común como epibionte de crustáceos y otros invertebrados.

Epistylis bimarginata (Cuadro VII y fig. 10) se registró en el caparazón de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en la temporada de lluvias, mientras que en *Phrygiopilus montebelloensis* se registró en las dos temporadas climáticas, en lluvias sobre pleópodos y antenas y en secas en las partes bucales. Se caracteriza por la presencia de un doble labio peristomal, el macronúcleo en forma de “C” se sitúa en la mitad anterior de la célula y perpendicular al eje oral-aboral, el infundíbulo abarca la mitad del zooide y el pedúnculo primario presenta una ramificación dicotómica. Para México, en ambientes de agua dulce Mayén-Estrada (1997) y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2001) identificaron a *E. bimarginata* como epibionte del acocil *Cambarellus patzcuarensis* en el Lago Pátzcuaro, Michoacán. Martínez-Murillo y Aladro -Lubel (1996) registraron a este peritrico en ambientes salobres, como epibionte de algas en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. El registro de *E. bimarginata*, es el primero para el estado de Chiapas.

Epistylis hentscheli (Cuadro VII y fig. 11) se registró en los pereiópodos de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en la temporada de secas. Tiene forma de trompeta alargada, el labio peristomal es delgado y el infundíbulo abarca más de la mitad del zooide. El pedúnculo es rígido, muy largo y delgado, está ramificado dicotómicamente; el macronúcleo es ancho y en forma de “C” y por arriba del macronúcleo se sitúa la vacuola contráctil. *Epistylis hentscheli* ha sido registrado anteriormente en México para peces y el registro de este trabajo representa el primero en crustáceos en el mundo. Herróz-Zamorano (1998) la reportó como ectoparásito de peces de la familia Cyprinidae cultivados en el Centro Acuícola Morelos de Zacapu, Michoacán.

Epistylis niagarae (Cuadro VII y fig. 12) se registró únicamente en la temporada de lluvias, en los pereiópodos de *Raddaus bocourti* y sobre la quela y el telson de *Phrygiopilus montebelloensis*. Los zooides tienen forma de campana globosa, el labio peristomal es grueso, el infundíbulo abarca la mitad de la longitud del zooide, el macronúcleo en forma de “C” se sitúa paralelamente al labio peristomal y el pedúnculo principal de las colonias es ramificado dicotómicamente. López-Ochoterena y Madrazo-Garibay (1989) registraron esta especie asociada al hidrozoo *Cordylophora caspia*, en un ambiente salobre y en ambientes dulceacuícolas Mayén-Estrada (1997) y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2001) lo registraron sobre el acocil *Cambarellus patzcuarensis* en el estado de Michoacán en el Lago Pátzcuaro.

Epistylis thienemanni (Cuadro VII y fig. 13) se registró en *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en la quela, en temporada de lluvias y, sobre la antena, en temporada de secas. Tiene forma de jarrón, el labio peristomal es ancho y el disco epistomal se eleva considerablemente, el citoplasma es granuloso y el macronúcleo en forma de “C” es ancho y está situado de forma paralela al disco epistomal; la vacuola contráctil se sitúa justo por arriba del macronúcleo. El pedúnculo principal es largo, delgado y con estrías longitudinales, con septos pequeños y un disco basal evidente y se ramifica dicotómicamente. En México no se tienen registros de este ciliado, por lo que los resultados de este trabajo representan los primeros registros en Chiapas como epibionte del acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp.

Epistylis plicatilis (Cuadro VII y fig. 14) fue observado en *Raddaus bocourti* solamente en la temporada de secas en dos localidades, en el Río Trece sobre la quela y el caparazón y en el Río Once sobre la antena y la quela del cangrejo. Tiene forma de trompeta, es alargado y delgado, el infundíbulo abarca poco menos de la mitad del zooide, el labio peristomal es delgado y el disco epistomal no sobresale mucho del zooide; el pedúnculo principal es largo y delgado, sin estriaciones y con ramificación dicotómica. Previamente *E. plicatilis* se ha registrado en México por varios autores (Cuadro VI); el registro de este trabajo representa el primero para el estado de Chiapas en un ambiente dulceacuícola.

Epistylis sp. 1 (Cuadro VII y fig. 15) se registró en *Procambarus (Austrocambarus)* sp. sobre los pereiópodos, en temporada de secas en el Estanque Ya León. Tiene forma de jarrón alargado, se caracteriza por tener el labio peristomal ancho, el citoplasma es granuloso y el

macronúcleo en forma de “C” es delgado y está situado de forma paralela al disco epistomal; la vacuola contráctil se sitúa justo por arriba del macronúcleo sobre el labio peristomal y el infundíbulo abarca la mitad de la longitud del zooide. El pedúnculo principal es corto, septado y delgado con una ramificación dicotómica.

Epistylis sp. 2 (Cuadro VII y fig. 16) se registró únicamente en las partes bucales del cangrejo *Raddaus bocourti* en la temporada de secas, en el Río Once. Se caracteriza por tener un zooide en forma de jarrón y globular; el macronúcleo es en forma de “C” que se sitúa de forma paralela al disco epistomal, la vacuola contráctil se sitúa justo por arriba del macronúcleo, el infundíbulo abarca la mitad del zooide y el pedúnculo principal es delgado sin estriaciones longitudinales y con ramificación dicotómica; el citoplasma es granuloso, el labio peristomal es ancho y el disco epistomal no sobresale mucho del zooide.

Epistylis sp. 3 (Cuadro VII y fig. 17) se registró en la temporada de lluvias y secas sobre el caparazón y los pleópodos de *Phrygiopilus montebelloensis* en el Río Montebello y sobre *Raddaus bocourti* en las partes bucales en la temporada de lluvias en el Río Trece. Los zooides tienen forma de trompeta alargada, el labio peristomal es delgado, el infundíbulo abarca más de la mitad de la longitud del zooide; el macronúcleo en forma de “C” es ancho y se sitúa paralelamente al labio peristomal y el pedúnculo principal es grueso con septos y estrías longitudinales, ramificado dicotómicamente.

Cuadro VI. Registros previos de *Epistylis plicatilis* en México.

Autor	Año	Localidad	Hábitat	Sustrato
Ochoa-Gasca	1969	Lago Zempoala, Morelos	Dulceacuícola	<i>Cambarellus montezumae zempoalensis</i> Villalobos,1943
López-Ochoterena y Roure-Cané	1970	Lago Chapultepec, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena y Ochoa-Gasca	1971	Lago Zempoala, Morelos	Dulceacuícola	<i>Cambarellus montezumae zempoalensis</i> Villalobos,1943
Luna-Pabello	1987, 1993	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena y Madrazo-Garibay	1989	Laguna de Mandinga, Veracruz	Salobre	<i>Cordylophora caspia</i> Pallas, 1771
Madrazo-Garibay <i>et al.</i> ,	1990	Morelos	Dulceacuícola	ND
Luna-Pabello <i>et al.</i> ,	1990, 1994	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Martínez-Murillo y Aladro -Lubel	1996	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Salobre	<i>Halodule beaudettei</i> den Hartog, 1970
Rodríguez-Rodríguez	1996	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
García-Santana	2000	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Toledo-Trejo	2007	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Aladro-Lubel <i>et al.</i> ,	2007, 2009	Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Gallegos-Neyra <i>et al.</i> ,	2009	Estado de México	Dulceacuícola	ND

ND = no determinado



Figura 10. *Epistylis bimarginata*, a y b) zooides en vivo en el caparazón de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. De = Disco epistomal, DI = doble labio peristomal, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo terciario, Re = región escopular y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 10 μm y b = 5 μm .

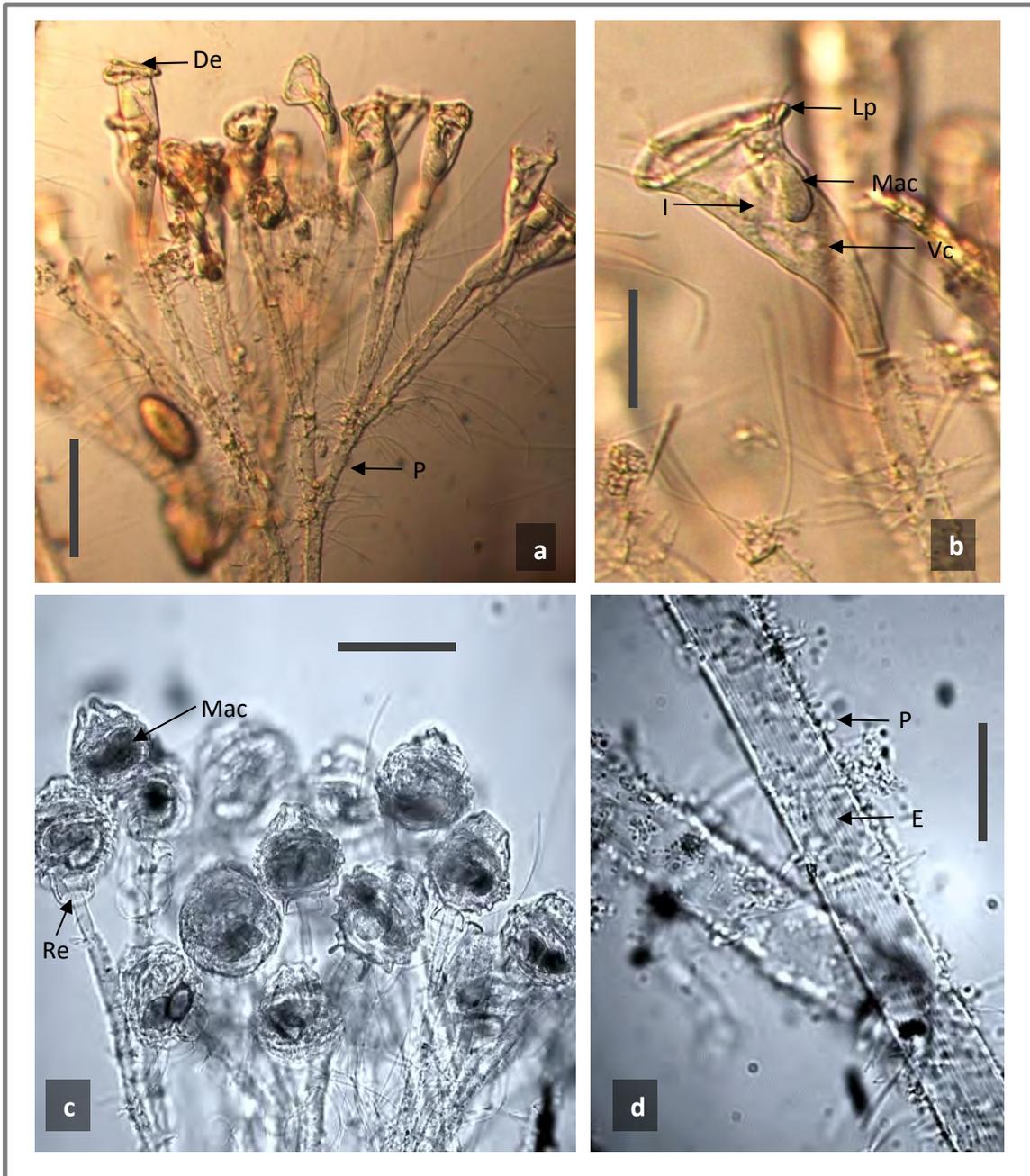


Figura 11. *Epistylis hentscheli*, a) colonia ramificada dicotómicamente en vivo sobre los pereiópodos de *Procambarus (Austrocambarus)* sp., b) zooides en vivo, c) colonia con zooides contraídos y d) detalle del pedúnculo estriado. De = disco epistomal, E = estrías, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo primario, Re = región escopular y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 100 μm , b y c = 50 μm y d = 10 μm .

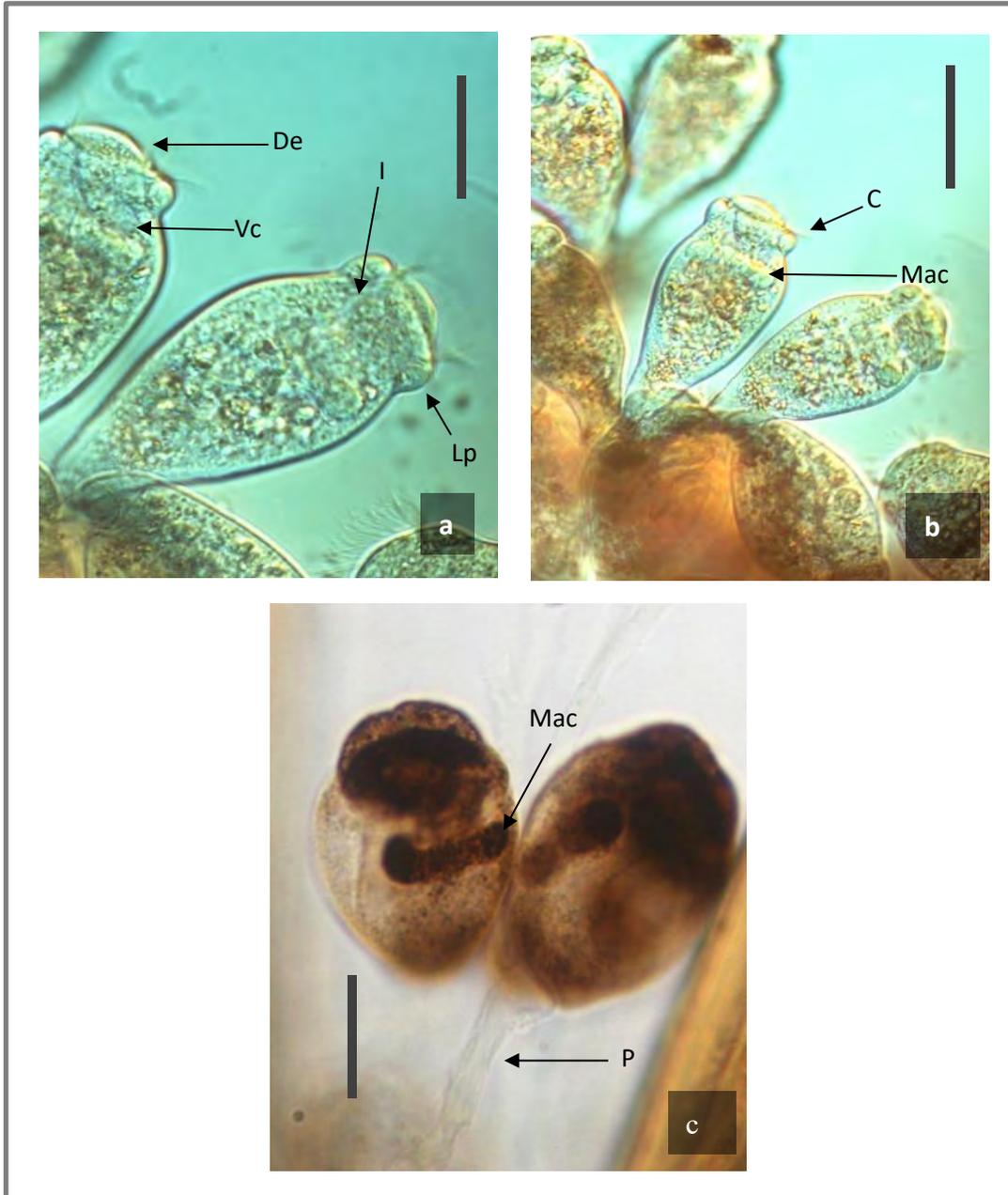


Figura 12. *Epistylis niagarae* sobre los pereiópodos de *Raddaus bocourti* a y b) zooides en vivo y c) zooides impregnados con carbonato de plata amoniacal. C = cilios peristomales, De = disco epistomal, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo primario y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 15 μ m, b y c = 30 μ m.

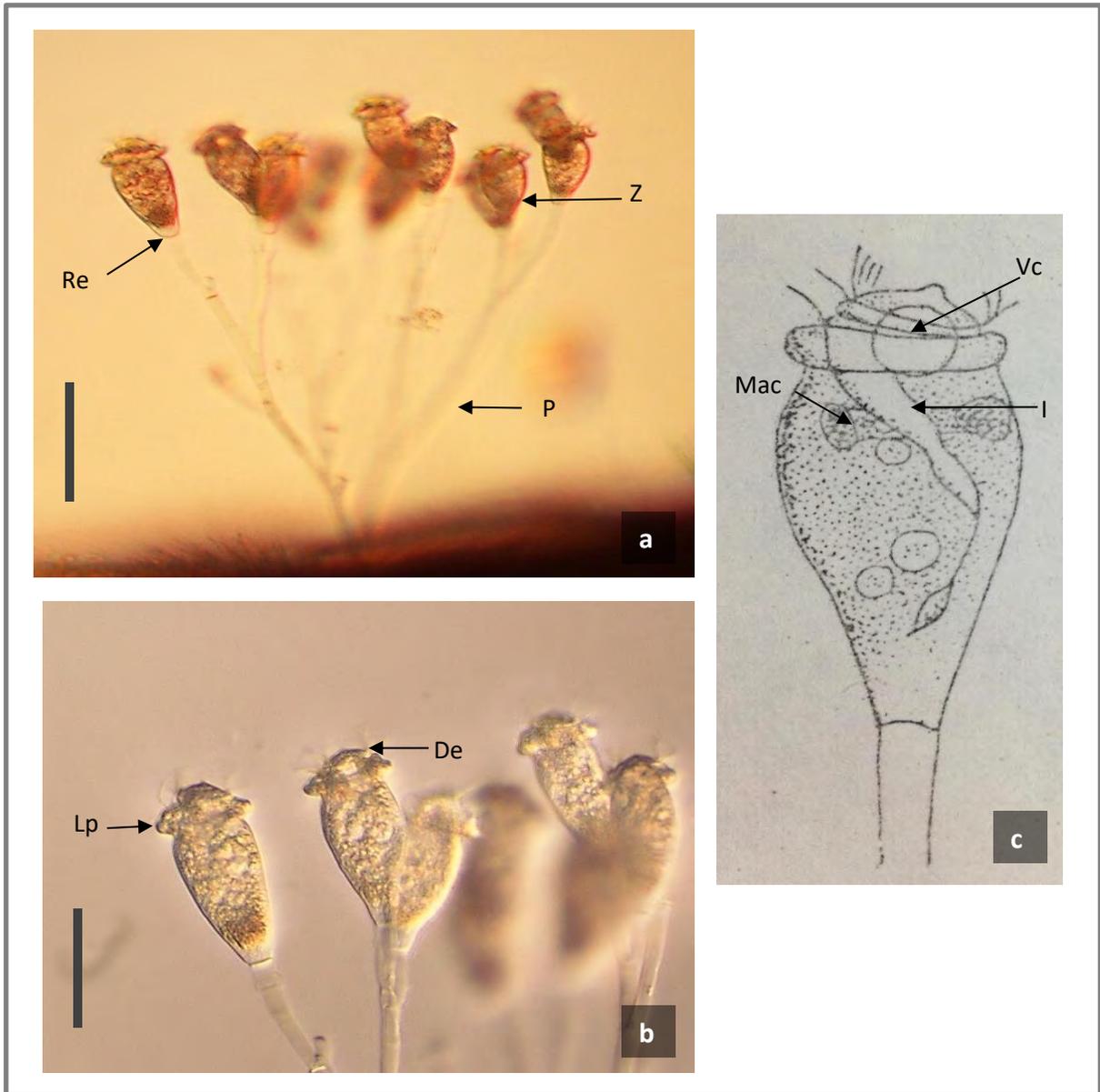


Figura 13. *Epistylis thienemanni*, a y b) colonia con zooides en vivo sobre la antena de *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. y c) esquema modificado de Stiller (1971). De = disco epistomal, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo, Re = región escopular, Vc = vacuola contráctil y Z = zooide. Barra de referencia a = 20 μm y b = 35 μm.

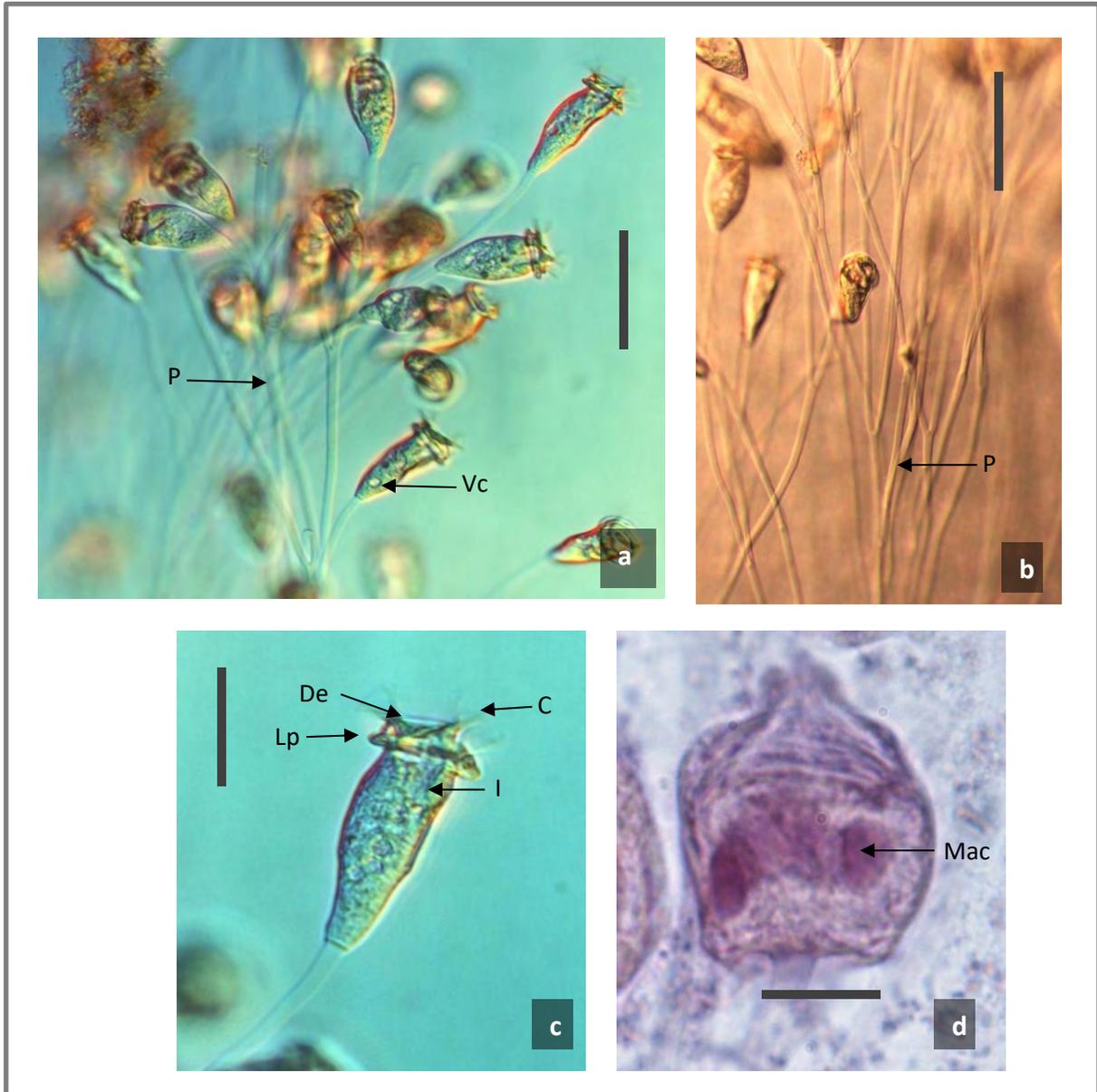


Figura 14. *Epistylis plicatilis*, a) colonia ramificada dicotómicamente en vivo sobre la antena de *Raddaus bocourti*, b) detalle del pedúnculo secundario largo y delgado, c) zooide en vivo y d) zooide teñido con hematoxilina de Harris. C = cilios peristomales, De = disco epistomal, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a y b = 50 μm , c = 30 μm y d = 10 μm .



Figura 15. *Epistylis* sp.1 sobre pereiópodos de *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. a) colonia con ramificación dicotómica, b) zooides en vivo, c) y d) zooides impregnados con protargol. De = disco epistomal, Hc = haplocinetia, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo principal, Pc = policinetias, Re = región escopular y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 60 μ m, b y c = 30 μ m y d = 20 μ m.

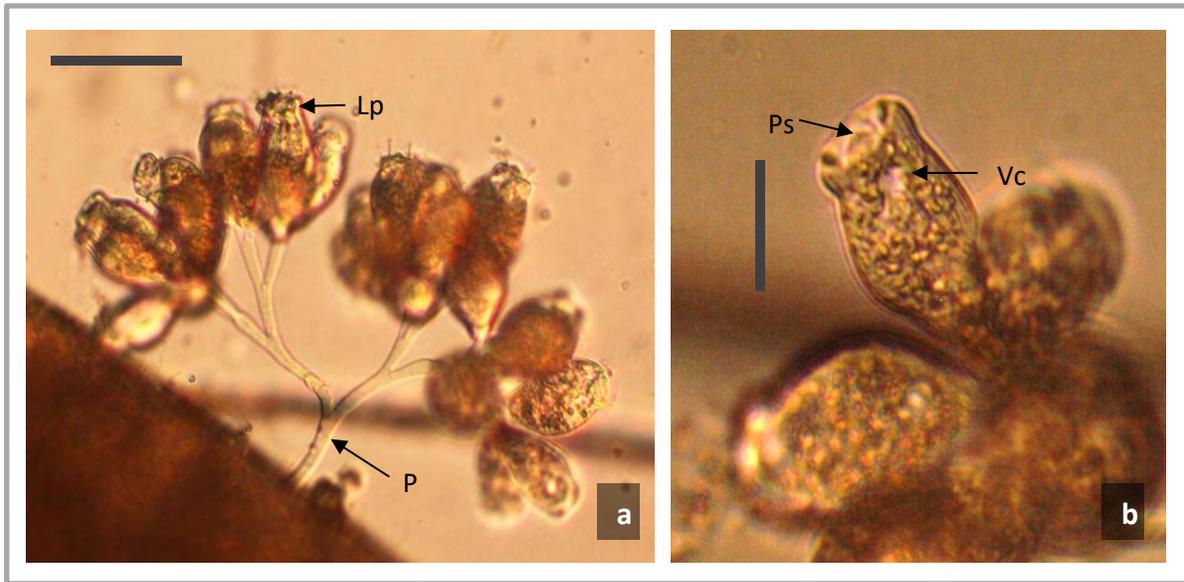


Figura 16. *Epistylis* sp. 2, a y b) zooides en vivo en la parte bucal de *Raddaus bocourti*. Lp = labio peristomal, Ps = peristoma, P = pedúnculo primario y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 25 μ m y b = 15 μ m.

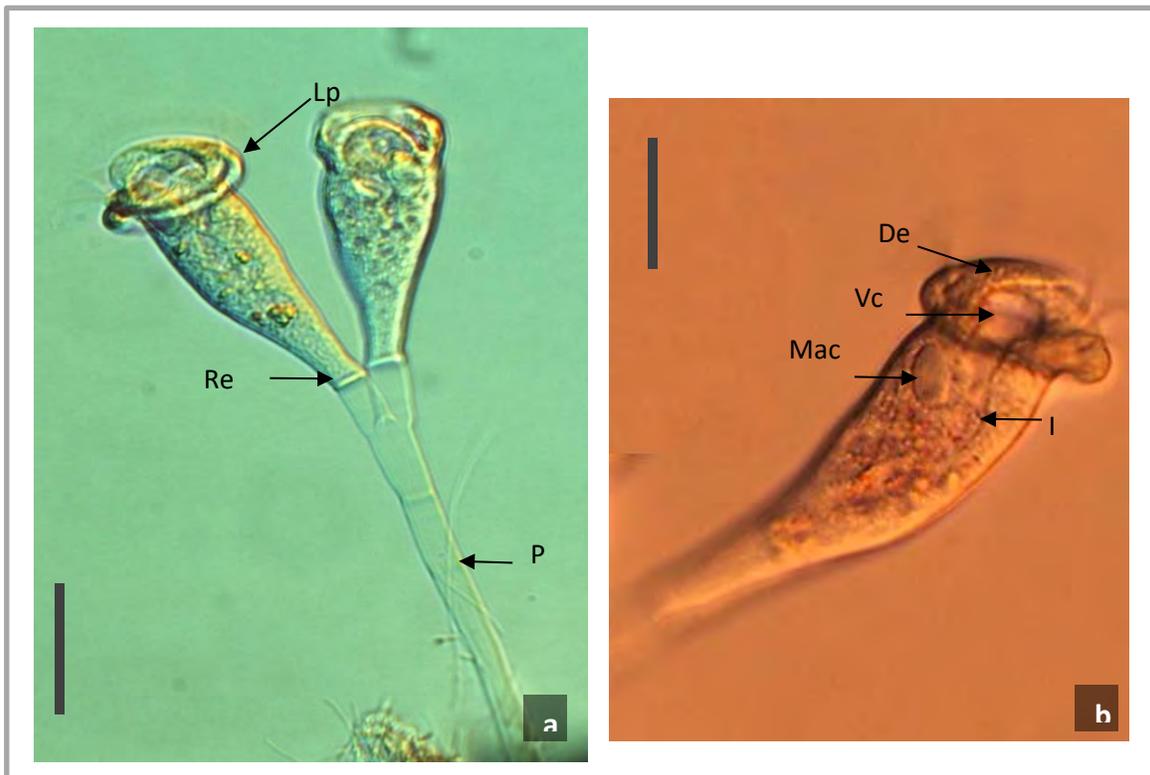


Figura 17. *Epistylis* sp. 3, a y b) zooides en vivo sobre la parte bucal de *Raddaus bocourti*. De = disco epistomal, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo primario, Re = región escopular y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 15 μ m y b = 10 μ m.

Cuadro VII. Atributos morfométricos de ciliados epibiontes del género *Epistylis* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$).

ATRIBUTOS	ESPECIES							
	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>	<i>Epistylis</i>
	<i>bimarginata</i>	<i>hentscheli</i>	<i>niagarae</i>	<i>plicatilis</i>	<i>thienemanni</i>	sp. 1	sp. 2	sp. 3
	n = 9	n = 38	n = 10	n = 35	n = 12	n = 45	n = 22	n = 6
Longitud del zooide	$\bar{x} = 48$ ± 9	$\bar{x} = 219$ ± 89	$\bar{x} = 79.5$ ± 27	$\bar{x} = 60$ ± 12	$\bar{x} = 71.5$ ± 3	$\bar{x} = 90$ ± 10	$\bar{x} = 72$ ± 10	$\bar{x} = 54$ ± 5
Ancho del zooide	$\bar{x} = 25$ ± 9	$\bar{x} = 73$ ± 10	$\bar{x} = 43.09$ ± 10	$\bar{x} = 30.2$ ± 9	$\bar{x} = 28.8$ ± 2	$\bar{x} = 61$ ± 1	$\bar{x} = 39.6$ ± 4	$\bar{x} = 21.6$ ± 2
Alto del labio peristomal	$\bar{x} = 18$ ± 3	$\bar{x} = 43.8$ ± 2	$\bar{x} = 3.1$ ± 0.1	$\bar{x} = 14.6$ ± 1	$\bar{x} = 14.4$ ± 1	$\bar{x} = 18$ ± 2	$\bar{x} = 10.8$ ± 3	$\bar{x} = 7.2$ ± 0.4
Diámetro del labio peristomal	$\bar{x} = 54$ ± 4	$\bar{x} = 146$ ± 2	$\bar{x} = 43$ ± 3	$\bar{x} = 58.4$ ± 3	$\bar{x} = 72$ ± 2	$\bar{x} = 54$ ± 6	$\bar{x} = 39 \pm 2$	$\bar{x} = 23$ ± 2
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 24$ ± 5	$\bar{x} = 600$ ± 200	$\bar{x} = 42.1$ ± 1.1	$\bar{x} = 1000$ ± 150	$\bar{x} = 90$ ± 4	$\bar{x} = 108$ ± 4	$\bar{x} = 100$ ± 7	$\bar{x} = 61.2$ ± 2
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 8$ ± 0.5	$\bar{x} = 7.3$ ± 0.2	$\bar{x} = 3.6$ ± 0.1	$\bar{x} = 7.2$ ± 0.2	$\bar{x} = 3.6$ ± 0.2	$\bar{x} = 3.6$ ± 0.6	$\bar{x} = 2$ ± 0.5	$\bar{x} = 2.4$ ± 0.2
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 4$ ± 0.5	$\bar{x} = 6$ ± 2	$\bar{x} = 8$ ± 1	$\bar{x} = 9$ ± 2	$\bar{x} = 6$ ± 3	$\bar{x} = 8$ ± 1	$\bar{x} = 7$ ± 2	$\bar{x} = 7$ ± 2
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 14$ ± 1	$\bar{x} = 37$ ± 6	$\bar{x} = 27$ ± 7	$\bar{x} = 33$ ± 7	$\bar{x} = 28$ ± 6	$\bar{x} = 38$ ± 4	$\bar{x} = 27$ ± 2	$\bar{x} = 30$ ± 2

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.3 Género *Opercularia*

El género *Opercularia* incluye organismos coloniales con el infundíbulo que generalmente abarca gran parte del cuerpo, el pedúnculo es ramificado dicotómicamente y carente de mionema, el zooide se caracteriza por carecer de un labio peristomal y el disco epistomal se eleva por arriba de la abertura peristomal en la región oral del cuerpo, los zooides tienen un cuerpo alargado. Este género se distingue de otros muy similares, como *Orbopercularia*, por la forma del macronúcleo, en las especies del género *Orbopercularia* es esférico, mientras que en *Opercularia* es en banda; *Opercularia* es muy común como epibionte de invertebrados.

Opercularia articulata (Cuadro VIII y fig. 18) se registró en *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en las dos temporadas climáticas, en lluvias se encontró sobre los urópodos y pereiópodos y en secas sobre el telson y la quela. El zooide es alargado y tubular, el macronúcleo es en forma de “C” y está ubicado paralelamente al disco epistomal, el infundíbulo abarca menos de la mitad del cuerpo. La vacuola contráctil se localiza cercana al infundíbulo, el pedúnculo primario es rígido y se ramifica dicotómicamente, se caracteriza por presentar septos trasversales. El registro de *O. articulata* es el primero para México y para el estado de Chiapas.

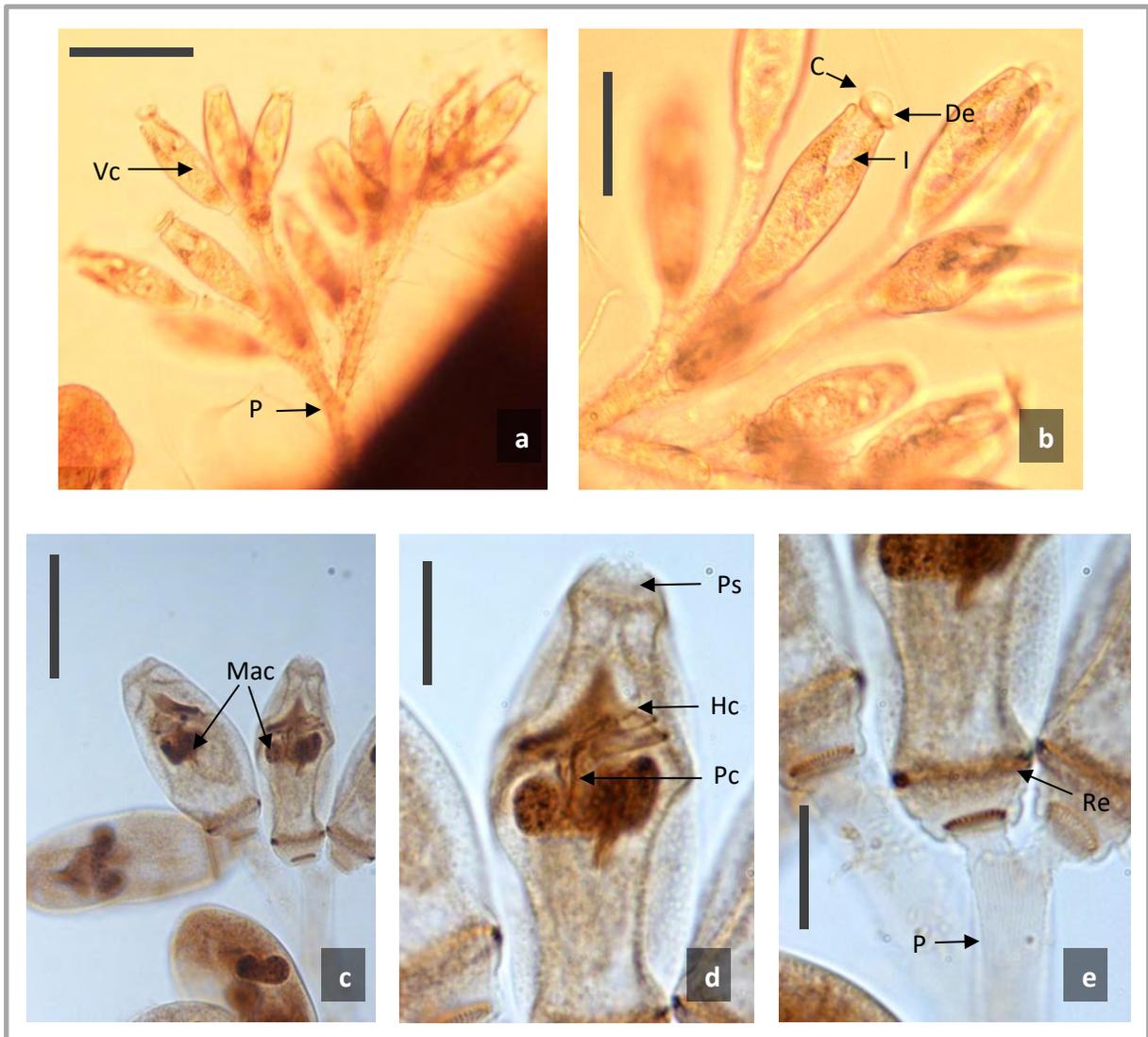


Figura 18. *Opercularia articulata*, a) colonia ramificada dicotómicamente sobre el caparazón de *Procambarus (Austrocambarus)* sp., b) zooides en vivo, c), d) y e) zooides impregnados con protargol. C = cilios peristomales, De = disco epistomal, Hc = haplocinetia, I = infundíbulo, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo primario, Pc = polícinetias, Ps = peristoma, Re = región escopular y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 35 μ m, b = 30 μ m, c = 25 μ m, d y e = 8 μ m.

Cuadro VIII. Atributos morfométricos de *Opercularia articulata* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$)

ATRIBUTOS	MEDIDAS n = 9
Longitud del zooide	$\bar{x} = 63 \pm 14$
Ancho del zooide	$\bar{x} = 28 \pm 7$
Altura del disco peristomal	$\bar{x} = 5 \pm 0.6$
Diámetro del peristoma	$\bar{x} = 14.6 \pm 2.3$
Profundidad del infundíbulo	$\bar{x} = 24.5 \pm 2.9$
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 18 \pm 3$
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 7.2 \pm 0.4$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 7 \pm 0.4$
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 17.5 \pm 4$

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.4 Género *Vorticella*

Los ciliados del género *Vorticella* poseen un pedúnculo que se contrae en forma de espiral debido al espasmonema interno, generalmente son solitarios, sin embargo, se pueden encontrar formando pseudocolonias; el zooide es en forma de campana invertida o en forma de cono y el macronúcleo generalmente es alargado.

Vorticella campanula (Cuadro X y fig. 19) se registró en la temporada de secas tanto en los pereiópodos de *Phrygiopilus montebelloensis*, como en los urópodos de *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. Se caracteriza por formar pseudocolonias; el labio peristomal del zooide es prominente, el infundíbulo abarca la mitad de la longitud del zooide, el macronúcleo es en forma de “J” y está situado longitudinalmente respecto al eje oral-aboral en el cuerpo, el citoplasma es granuloso y vacuolado. *Vorticella campanula* ha sido registrada con anterioridad en México (Cuadro IX). El registro en este trabajo de *V. campanula* representa el primero para el estado de Chiapas en un ambiente dulceacuícola.

Vorticella chlorostigma (Cuadro X y fig. 20) se registró en los pleópodos del cangrejo *Raddaus bocourti* en la temporada de lluvias. Tiene un cuerpo en forma de cono, su labio peristomal es delgado, el infundíbulo abarca un cuarto de la longitud del cuerpo, el macronúcleo es en forma de “C” y está situado longitudinalmente. La vacuola contráctil se sitúa por arriba del macronúcleo, la película está finamente estriada y el citoplasma contiene numerosos endosimbiontes. En México *V. chlorostigma* fue registrado anteriormente por Aladro Lubel *et al.* (2007, 2009) en ambientes dulceacuícolas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, sin referir el sustrato. El registro de este ciliado representa el primero para un crustáceo en el estado de Chiapas.

Vorticella infusionum (Cuadro X y fig. 21) se registró en los pleópodos del acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en la temporada de lluvias. Este peritrico presenta un infundíbulo corto, el macronúcleo en forma de “C” y la película se caracteriza por tener estriaciones finas, el cuerpo del zooide es alargado en forma de embudo, el labio peristomal no sobresale del ancho máximo del cuerpo. *Vorticella infusionum* fue identificada en México por Mayén-Estrada (1997) y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2001) en ambientes dulceacuícolas como epibionte del acocil *Cambarellus patzcuarensis* en el Lago Pátzcuaro, Michoacán. Toledo-Trejo (2007) la registró en un sistema de lodos activados en Coyoacán, Ciudad de México. El registro de este peritrico en el presente trabajo representa el primero para el estado de Chiapas.

Vorticella sp. 1 (Cuadro X y fig. 22) se registró en la temporada de lluvias en los pleópodos de *Raddaus bocourti* en el Río Once. Tiene un zooide en forma alargada y globosa, su labio peristomal es delgado, el infundíbulo abarca un cuarto de la longitud del cuerpo, el macronúcleo es en forma de “C” y está situado longitudinalmente al labio peristomal. La vacuola contráctil se sitúa por arriba del macronúcleo y el citoplasma es granulosos y vacuolado.

Vorticella sp. 2 (Cuadro X y fig. 23) se registró sobre las antenas de *Raddaus bocourti* en el Río Trece en la temporada de lluvias. El zooide se caracteriza por ser globoso y por tener un labio peristomal prominente, el infundíbulo abarca la mitad de la longitud del zooide, el macronúcleo es en forma de “C” y está situado longitudinalmente respecto al eje oral-aboral en el cuerpo, el citoplasma es granuloso.

Cuadro IX. Registros previos de *Vorticella campanula* en México.

AUTOR	AÑO	LOCALIDAD	HÁBITAT	SUSTRATO
Sokoloff	1936	Manantial de la Mora de Actopan, Hidalgo	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena	1965	Lago Chapultepec, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Castro-Gutiérrez	1985	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Moreno-Rodríguez	1985	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Rivera <i>et al.</i> ,	1988	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Luna-Pabello <i>et al.</i> ,	1990	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Luna-Pabello <i>et al.</i> ,	1994	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Serrano-Limón y López-Ochoterena	1992	Lago Xochimilco, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Martínez-Murillo	1997	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Salobre	<i>Halodule beaudettei</i> den Hartog, 1970
Mayén-Estrada	1997	Lago Pátzcuaro, Michoacán	Dulceacuícola	<i>Cambarellus patzcuarensis</i> Villalobos, 1943
Aladro -Lubel y Martínez-Murillo	1999	Isla Verde, Veracruz	Marino	<i>Thalassia testudinum</i>
Reyes-Santos	2001	Bahía Mesquitito, Baja California	Marino	<i>Phyllospadix</i> sp.
Aladro -Lubel <i>et al.</i> ,	2007, 2009	Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Gallegos-Neyra <i>et al.</i> ,	2009	Tlalnepantla, Estado de México	Dulceacuícola	ND
Flores-Flores	2012	Manantial Ocoyoacac, Estado de México	Dulceacuícola	ND

ND = no determinado

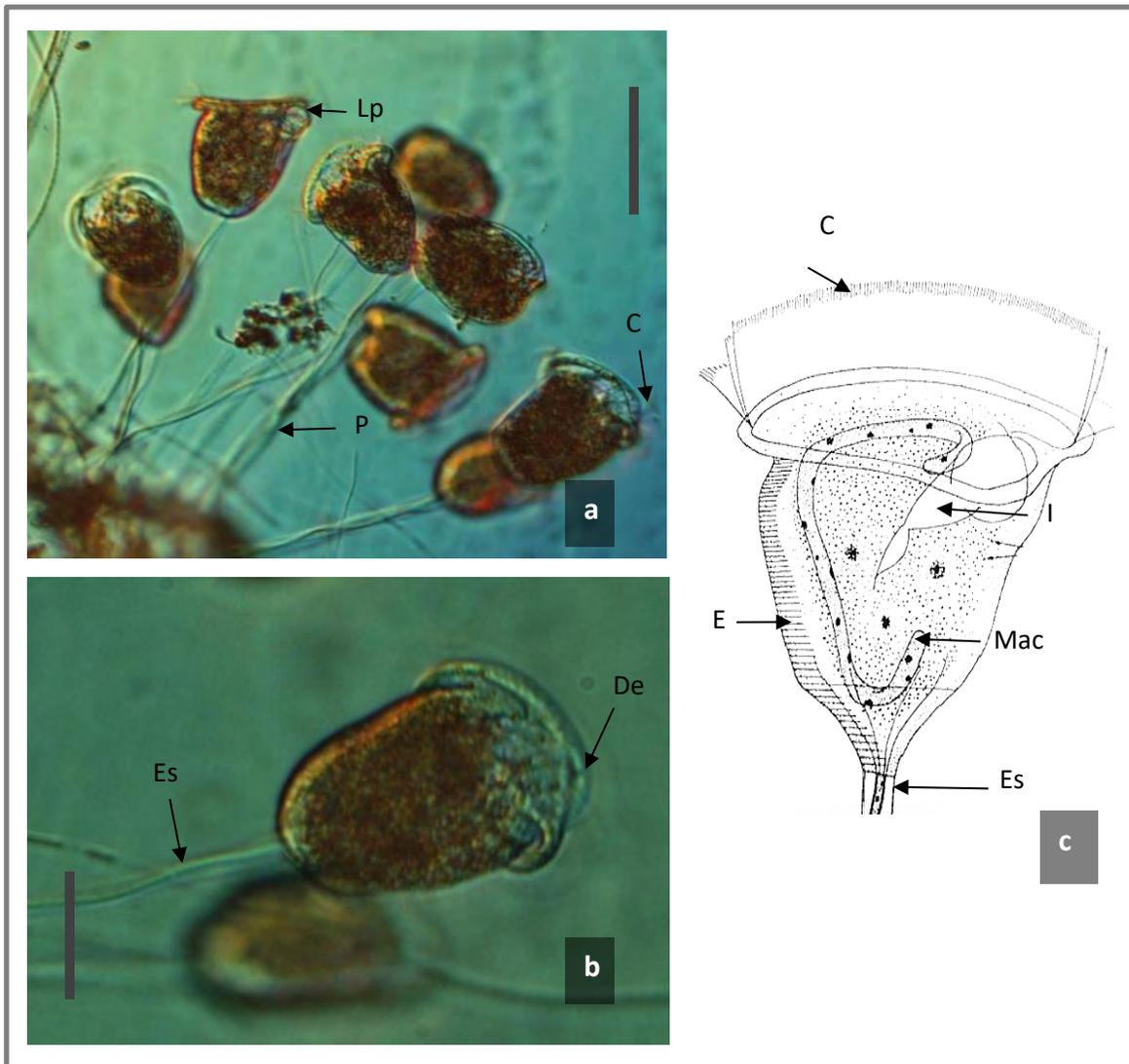


Figura 19. *Vorticella campanula*, a) zooides en pereiópodos en *Phrygiopilus montebelloensis*, b) detalle del zooide en vivo, c) esquema modificado de Warren (1986). C = cilios peristomales, De = disco epistomal, E = estrías, Es = espasmonema, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo y P = pedúnculo. Barra de referencia a = 25 μm y b = 10 μm .

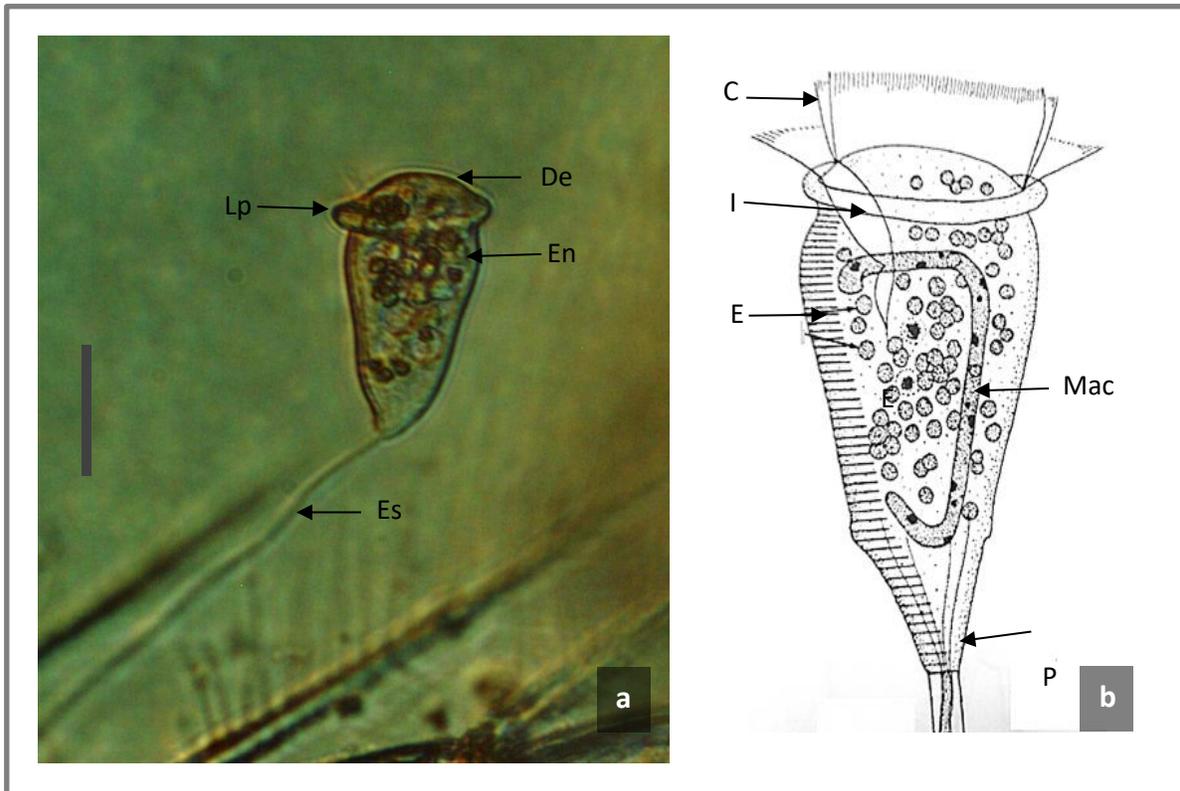


Figura 20. *Vorticella chlorostigma* en los pleópodos de *Raddaus bocourti* a) zoide en vivo, b) esquema modificado de Warren (1986). C = cilios peristomales, De = disco epistomal, E = estrías, En = endosimbiontes, Es = espasmonema, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo y P = pedúnculo. Barra de referencia = 15 μ m.

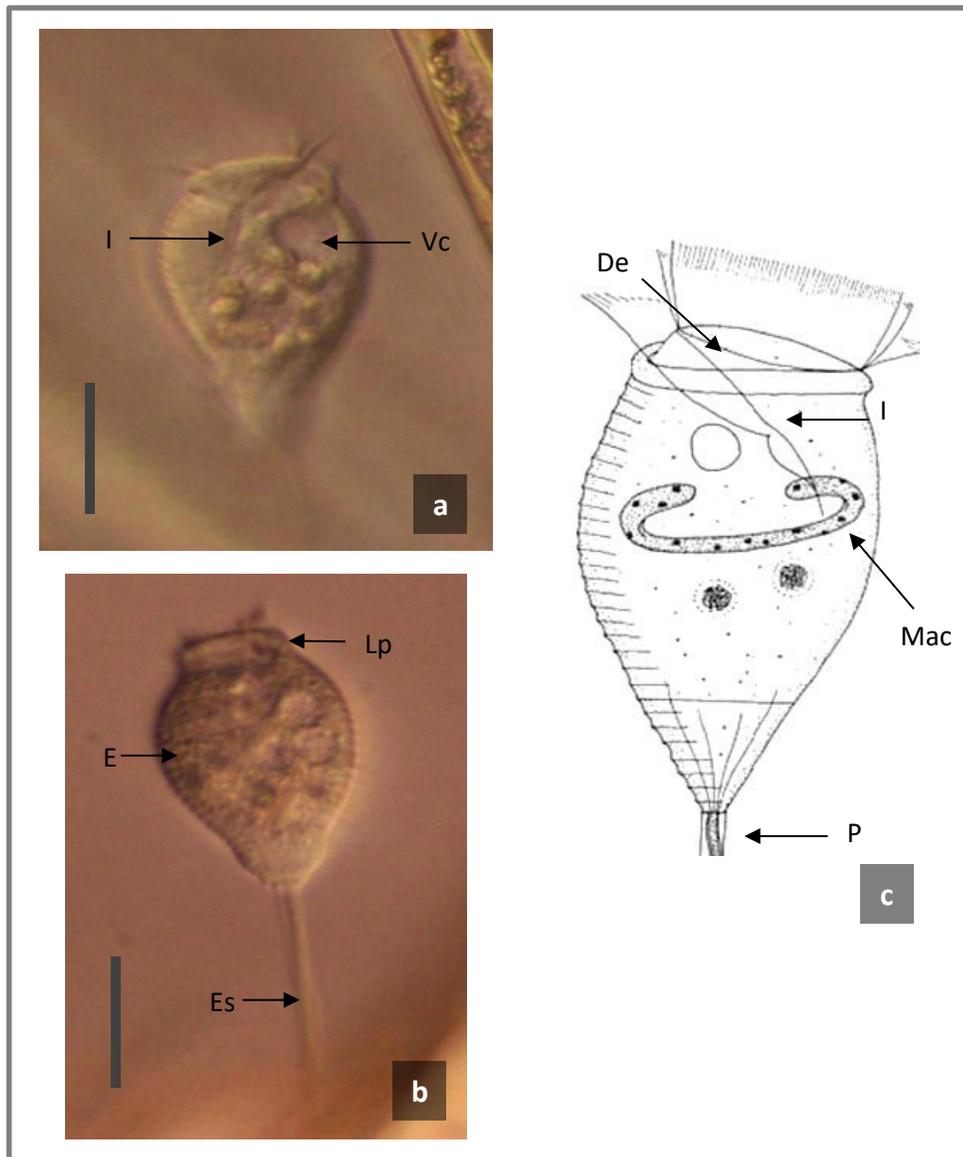


Figura 21. *Vorticella infusionum* en pleópodos de *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. a) y b) zooide en vivo, c) esquema modificado de Warren (1986). De = disco epistomal, E = estriás, Es = espasmonema, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia = 10 μ m.

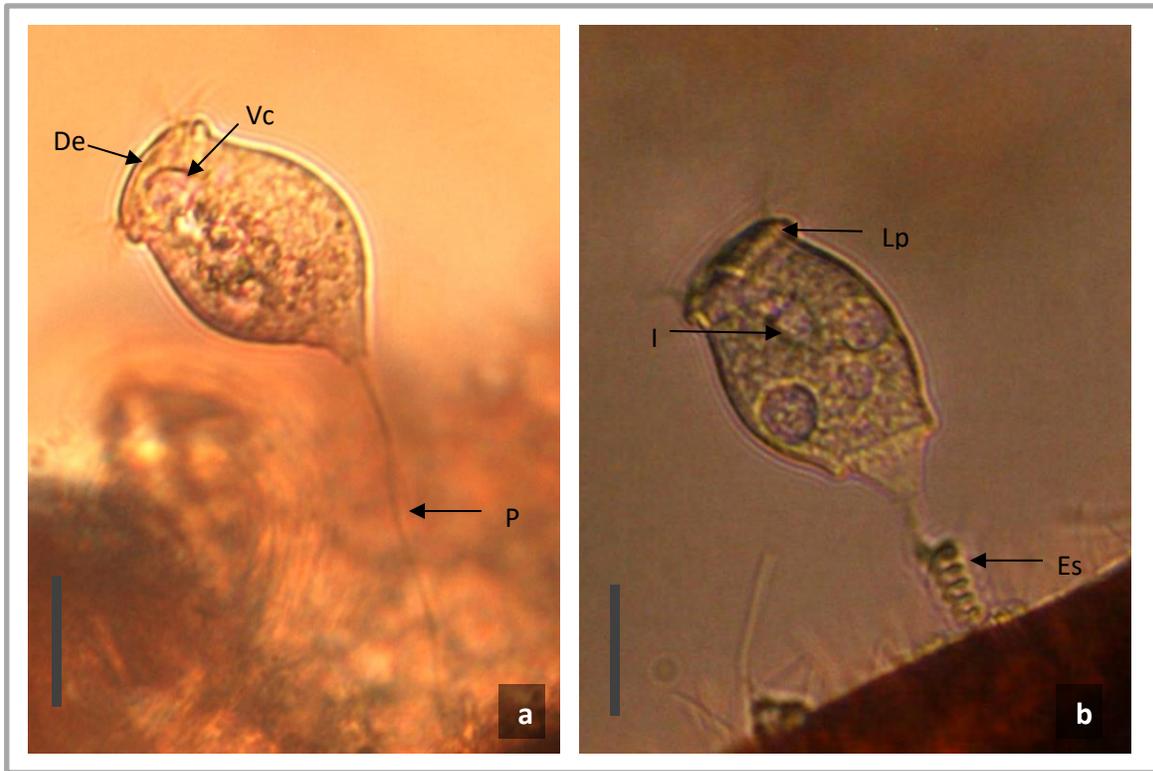


Figura 22. *Vorticella* sp. 1 sobre los pleópodos de *Raddaus bocourti* a) y b) zooide en vivo. De = disco epistomal, Es = espasmonema, I = infundíbulo, Lp = labio peristomal, P = pedúnculo y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia = 25 μ m.

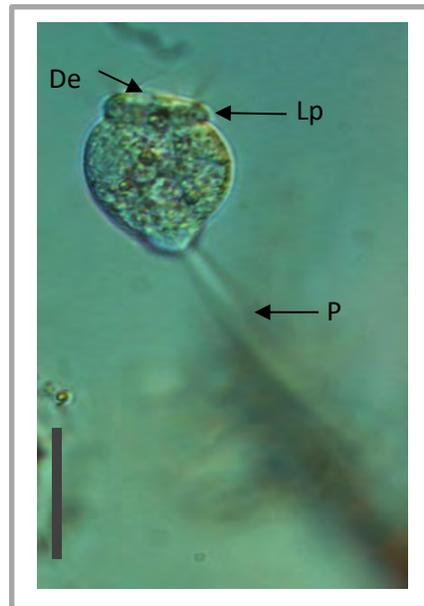


Figura 23. *Vorticella* sp. 2 zooide en vivo sobre la antena de *Raddaus bocourti*. De = disco epistomal, Lp = labio peristomal y P = pedúnculo. Barra de referencia = 7 μ m.

Cuadro X. Atributos morfométricos de ciliados epibiontes del género *Vorticella* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$).

ATRIBUTOS	ESPECIE				
	<i>Vorticella campanula</i> n = 10	<i>Vorticella chlorostigma</i> n = 1	<i>Vorticella infusioenum</i> n = 1	<i>Vorticella</i> sp. 1 n = 1	<i>Vorticella</i> sp. 2 n = 1
Largo del zooide	$\bar{x} = 72 \pm 10$	56	50	80	45.6
Ancho del zooide	$\bar{x} = 46 \pm 10$	27	25	50	21.6
Diámetro del peristoma	$\bar{x} = 44 \pm 5$	20	23	36	18
Ancho del labio peristomal	$\bar{x} = 8 \pm 1$	8	3.6	7	4.5
Largo del pedúnculo	$\bar{x} = 100 \pm 2$	124	20	67	97.2
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 1.5 \pm 0.3$	1.5	1	1.8	2.1
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 4 \pm 0.5$	3.2	6	5.6	3.6
Largo del macronúcleo	$\bar{x} = 28 \pm 2$	13.8	18	28	15

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.5 Género *Zoothamnium*

Los ciliados del género *Zoothamnium* se caracterizan por ser organismos coloniales, con un pedúnculo contráctil con un espasmonema interno continuo. Los zooides son acampanados, generalmente se encuentran en ambientes marinos, pero también se han registrado especies en ambientes dulceacuícolas y salobres.

Zoothamnium dichotomum (Cuadro XI y fig. 24) se registró en el acocil *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. en la quela en la temporada de lluvia y en los pereiópodos en la temporada de secas. Los zooides tienen forma cónica, ubicados sobre un pedúnculo contráctil y delgado con ramificación dicotómica. El macronúcleo es en banda con forma de “C” situado paralelamente al disco peristomal. El infundíbulo alcanza hasta el primer tercio del cuerpo. La vacuola contráctil se encuentra por debajo del labio peristomal y por arriba

del macronúcleo. Anteriormente en México *Z. dichotomum* se registró en ambientes de agua dulce como epibionte sobre el acocil *Cambarellus patzcuarensis* en el Lago Pátzcuaro, Michoacán (Mayén-Estrada, 1997) y en ambientes salobres Martínez-Murillo y Aladro - Lubel (1994) identificaron esta especie asociada al pasto marino *Halodule beaudettei* en la Laguna de Tamiahua, Veracruz.

Cuadro XI. Atributos morfométricos de *Zoothamnium dichotomum* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$).

ATRIBUTOS	MEDIDAS n = 9
Longitud del zooide	$\bar{x} = 48 \pm 15$
Ancho del zooide	$\bar{x} = 25 \pm 12$
Diámetro del peristoma	$\bar{x} = 8.5 \pm 2$
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 24.5 \pm 8$
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 7.2 \pm 3$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 3.6 \pm 1.5$
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 20 \pm 2$

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

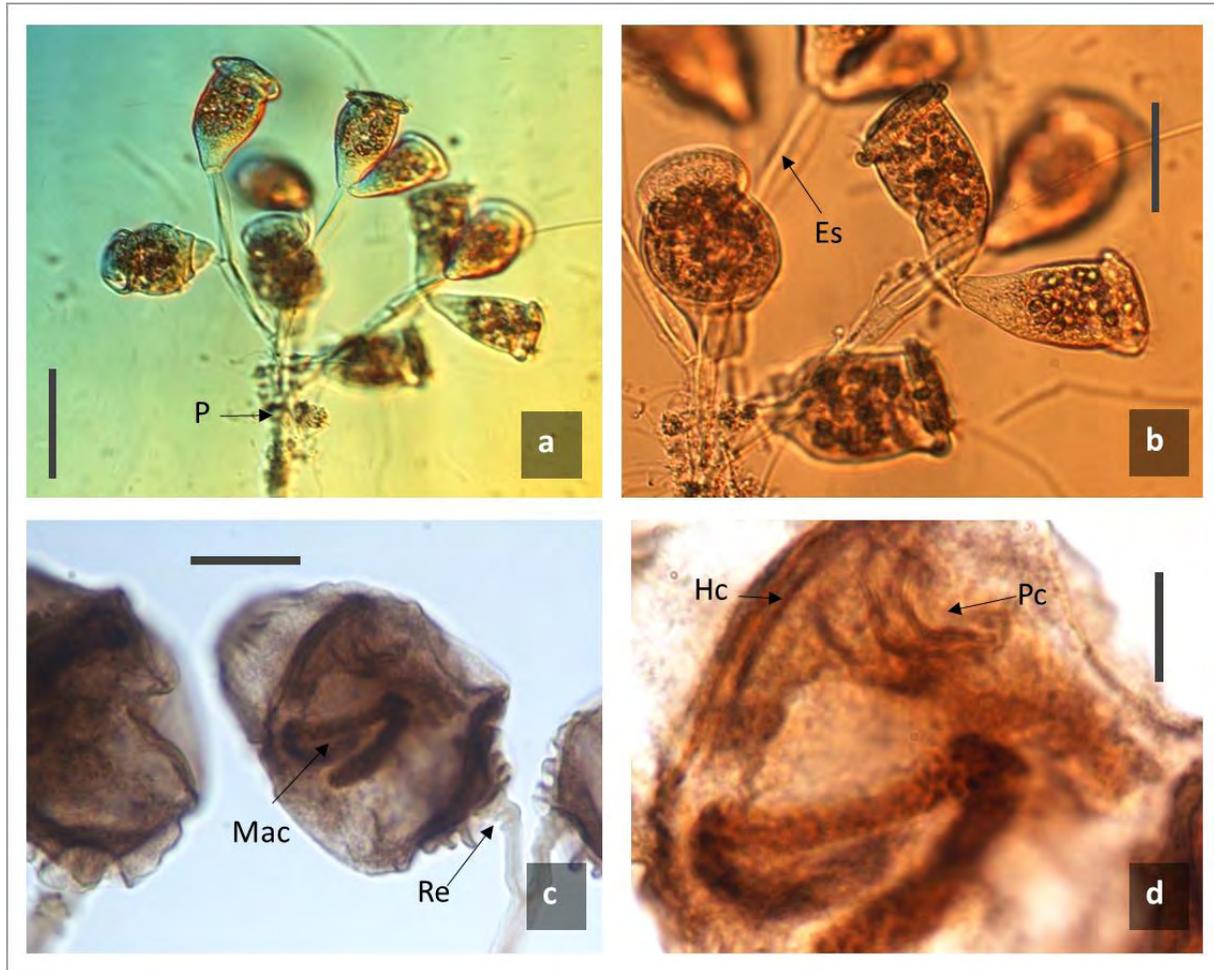


Figura 24. *Zoothamnium dichotomum*, a) colonia ramificada dicotómicamente sobre los pereiópodos de *Procambarus (Austrocambarus)* sp., b) detalle del espasmonema en el pedúnculo, c) y d) zooides impregnados con protargol. C = cilios peristomales, Es = espasmonema, Hc = haplocinetia, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo principal, Pc = policinetias y Re = región escopular. Barra de referencia a = 30 μm , b = 10 μm , c = 7 μm y d = 3 μm .

6.3.6 Género *Acineta*

El género *Acineta* incluye organismos de agua dulce o marinos, con formas ovoides o piramidales, con una lóriga y pedúnculo no contráctil. El trofonte presenta dos fascículos en la parte apical, generalmente, el macronúcleo es esférico y se ubica en la parte central del cuerpo. Los organismos del género *Acineta* se presentan con frecuencia como epibiontes de crustáceos.

Acineta tuberosa (Cuadro XIII y fig. 25) se observó en tres localidades y en dos especies de basibiontes. En el Río Montebello, se registró en los pleópodos (lluvias) y en la quela (secas) en el cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis*. En el Río Trece, en época de lluvias, se registró en pleópodos y caparazón, en la temporada de secas, se registró en los pleópodos y en el telson del cangrejo *Raddaus bocourti*. En la localidad Río Once, en la temporada de lluvias, se observó en el caparazón y en pereiópodos y, en la temporada de secas, solo se registró en las partes bucales del cangrejo *R. bocourti*.

Es un suctor en forma de pirámide invertida que presenta dos actinóforos con seis tentáculos en cada fascículo; el pedúnculo es rígido con un disco basal prominente; el macronúcleo es esférico y se encuentra en la parte central del cuerpo y la vacuola contráctil se ubica arriba del macronúcleo.

Previamente *Acineta tuberosa* fue observada en México por varios autores (Cuadro XII); el registro de este trabajo representa el primero para el estado de Chiapas en un ambiente dulceacuícola.

Cuadro XII. Registros previos de *Acineta tuberosa* en México.

AUTOR	AÑO	LOCALIDAD	HÁBITAT	SUSTRATO
López-Ochoterena	1963, 1965, 1992	Lago Chapultepec, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Roure-Cané	1969	Lago Xochimilco, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena y Ochoa-Gasca	1971	Lago Zempoala, Morelos	Dulceacuícola	<i>Cambarellus montezumae</i> <i>zempoalensis</i> Villalobos, 1943
López-Ochoterena y Madrazo-Garibay	1989	Laguna de Mandinga, Veracruz	Salobre	<i>Cordylophora caspia</i> Pallas, 1771
Serrano-Limón y López-Ochoterena	1992	Lago Xochimilco, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Martínez-Murillo y Aladro -Lubel	1994, 1996	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Salobre	<i>Halodule beaudettei</i> den Hartog, 1970
Mayén-Estrada	1997	Lago Pátzcuaro, Michoacán	Dulceacuícola	<i>Cambarellus patzcuarensis</i> Villalobos, 1943
Aladro -Lubel y Martínez-Murillo	1999	Laguna de Tamiahua, Veracruz	Salobre	<i>Rhizophora mangle</i> Linneo, 1753
Reyes-Santos	2001	Bahía Mesquitito, Baja California	Marino	<i>Phyllospadix</i> sp.
Vidal-Martínez <i>et al.</i> ,	2002	Celestún y Sisal, Yucatán	Marino	<i>Farfantepenaeus aztecus</i> Ives, 1891 y <i>F. duorarum</i> Burkenroad, 1939
Aladro -Lubel y Sánchez Calderón	2005	Lago Tecocomulco, Hidalgo	Dulceacuícola	<i>Potamogeton filiformis</i> Hitchcock, 1969
López-Téllez <i>et al.</i> ,	2009	Celestún y Sisal, Yucatán	Marino	<i>Farfantepenaeus duorarum</i> Burkenroad, 1939
Olvera-Bautista	2014	Zihuatanejo, Guerrero y Tuxpan, Veracruz	Marino	<i>Caulerpa</i> spp.

ND = no determinado

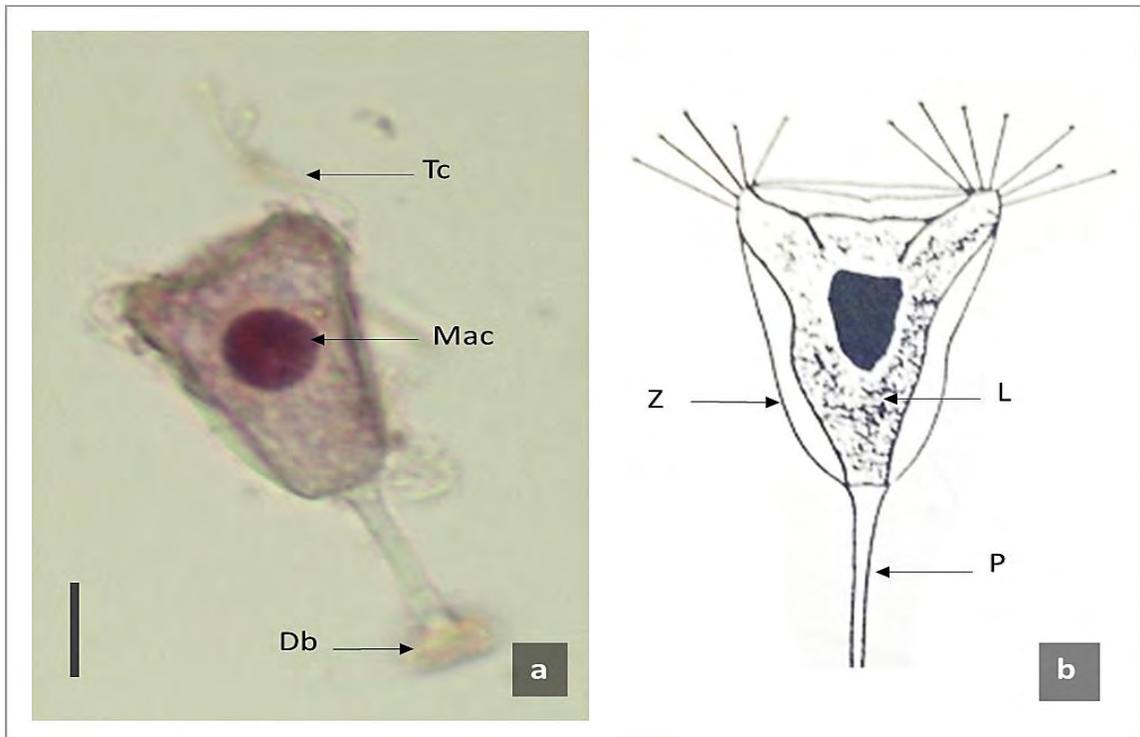


Figura 25. *Acineta tuberosa*, a) trofante teñido con hematoxilina de Harris, b) Esquema del trofante modificado de Curds (1985a). Ac = actinóforos, Db = disco basal, L = lóriga, Mac = macronúcleo, P = pedúnculo y Tc = tentáculos capitados. Barra de referencia = 15 µm.

Cuadro XIII. Atributos morfométricos de *Acineta tuberosa* (medidas en µm ± E.E.).

ATRIBUTOS	MEDIDAS n = 14
Longitud del trofante	$\bar{x} = 45 \pm 8$
Ancho del trofante	$\bar{x} = 24.6 \pm 3$
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 20 \pm 3$
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 4 \pm 0.5$
Longitud de los tentáculos	$\bar{x} = 18 \pm 2$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 5 \pm 3$
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 56 \pm 10$

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.7 Género *Podophrya*

Los organismos del género *Podophrya* se caracterizan por ser esféricos o en forma de pera, sin lóriga, sus tentáculos son capitados y están distribuidos sobre toda la superficie del cuerpo. Típicamente habitan en agua dulce, se unen al sustrato por medio de un pedúnculo rígido.

Podophrya maupasi (Cuadro XIV y fig. 26) se observó en la antena de *Raddaus bocourti* en la temporada de lluvias. Tiene un pedúnculo del mismo tamaño que el trofante y 16 tentáculos distribuidos en todo el cuerpo. El registro previo en México de este suctor en ambiente salobre, lo realizaron López-Ochoterena y Madrazo-Garibay (1989) en la Laguna de Mandinga, Veracruz. En ambiente dulceacuícola Rico-Ferrat y López-Ochoterena (1986) lo registraron en el drenaje doméstico de la Ciudad de México sin referir el sustrato.

Podophrya sandi (Cuadro XIV y fig. 27) se registró en la temporada de secas en el caparazón de *Raddaus bocourti*. Posee un pedúnculo del mismo tamaño que el cuerpo, el macronúcleo esférico está situado en la parte central. El registro previo para México lo realizó Mayén-Estrada (1997) y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2001) como epibionte del acocil *Cambarellus patzcuarensis* en el lago Pátzcuaro, Michoacán. El registro de este trabajo representa el primero en el estado de Chiapas y en la familia Pseudothelphusidae.

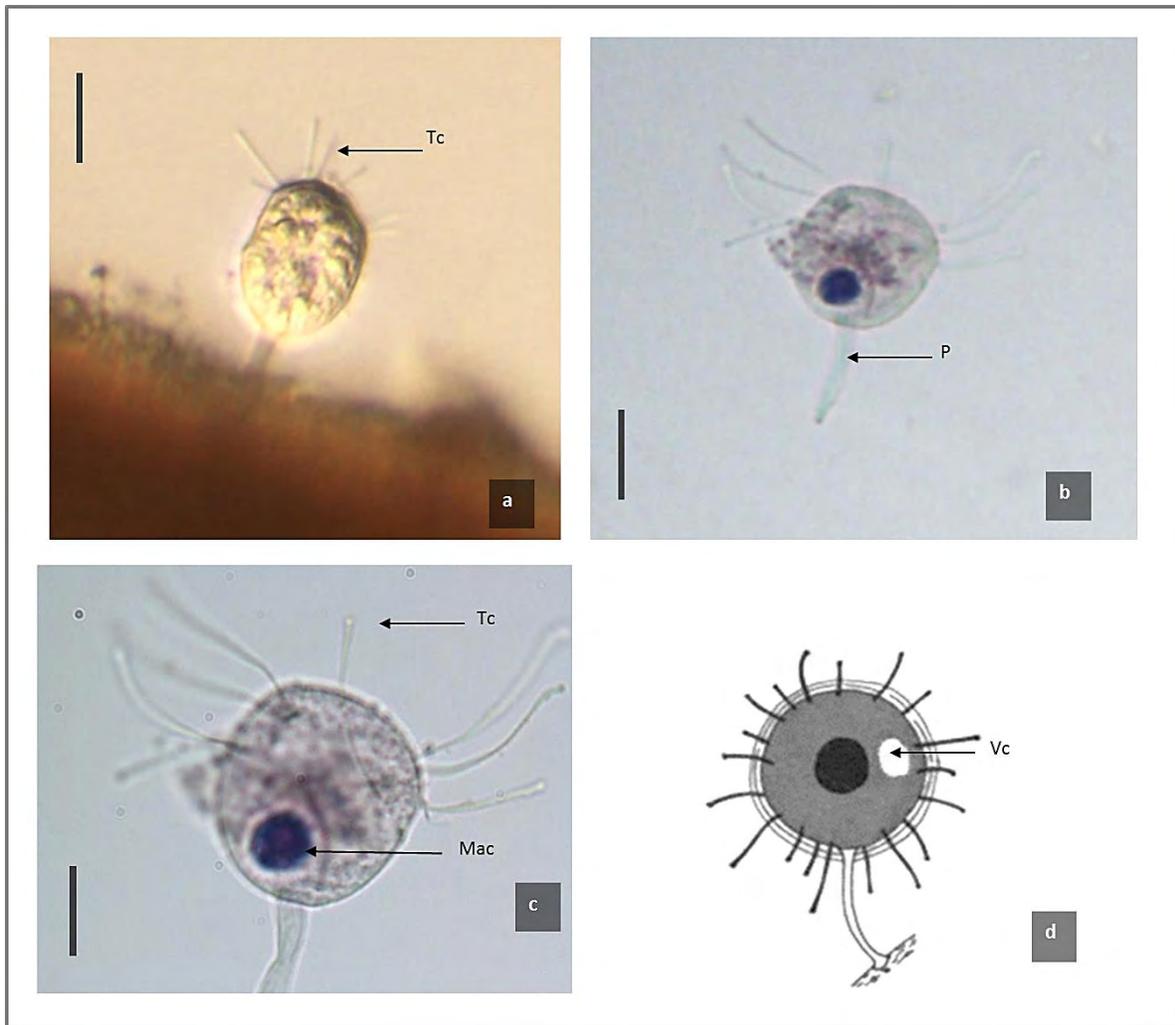


Figura 26. *Podophrya maupasi*, a) trofante en vivo sobre la antena de *Raddaus bocourti*, b) y c) trofante teñido con hematoxilina de Harris d) esquema modificado de Curds (1985b). Mac = macronúcleo, P = pedúnculo, Tc = tentáculos capitados y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a y b = 10 y c = 5 μ m.

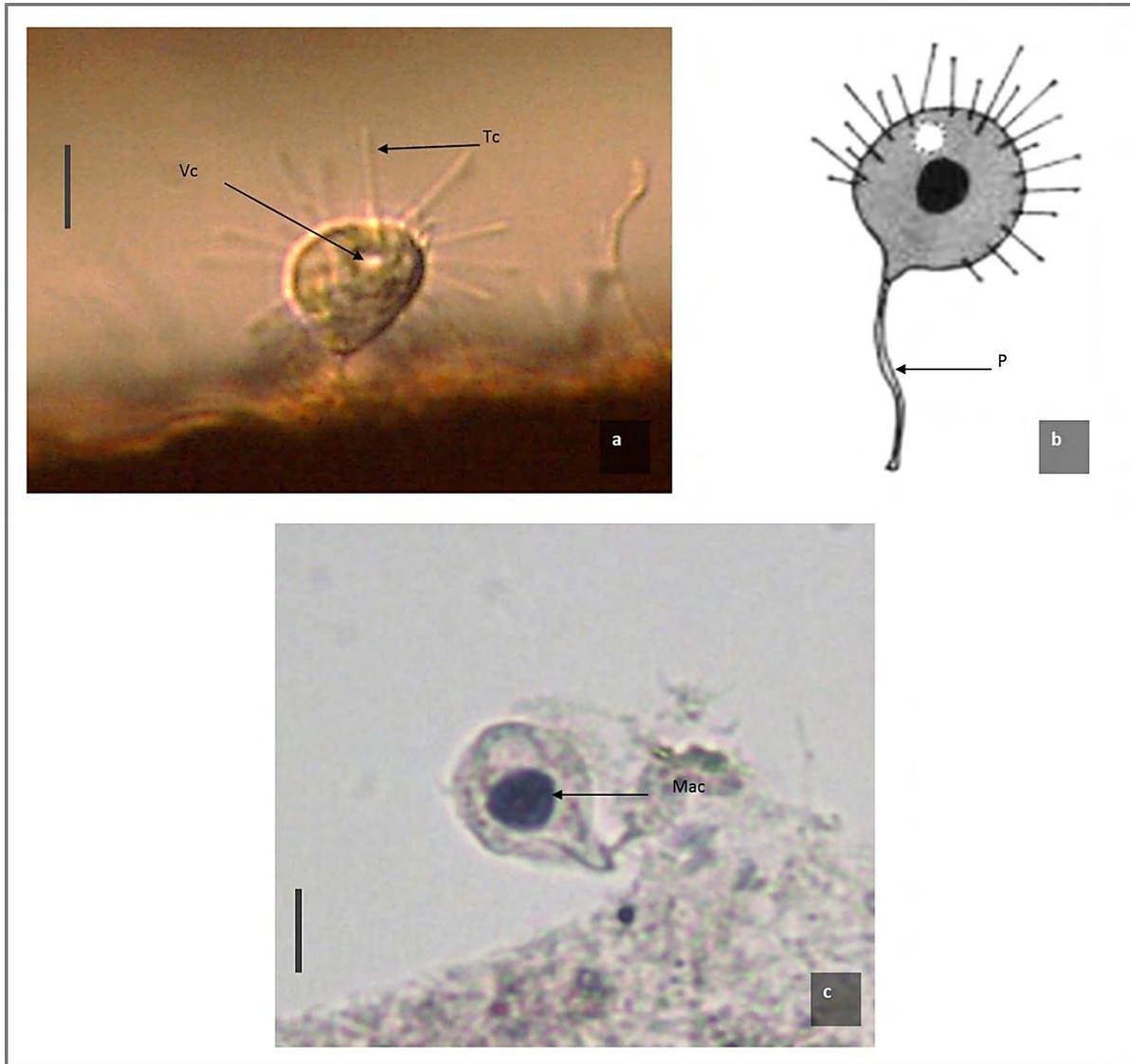


Figura 27. *Podophrya sandi*, a) trofante en vivo sobre el caparazón de *Raddaus bocourti*, b) esquema modificado de Curds (1985b), c) trofante teñido con hematoxilina de Harris. Mac = macronúcleo, P = pedúnculo, Tc = tentáculos capitados y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia = 10 μm .

Cuadro XIV. Atributos morfométricos de *Podophrya maupasi* y *P. sandi* (medidas en μm).

ATRIBUTOS	ESPECIE	
	<i>Podophrya maupasi</i> n = 1	<i>Podophrya sandi</i> n = 1
Longitud del trofonte	20	19
Ancho del trofonte	15	19
Longitud del pedúnculo	5	3.6
Ancho del pedúnculo	3.6	2.8
Longitud de los tentáculos	15	13.2
Ancho del macronúcleo	5	5
Longitud del macronúcleo	6	6

n = número de muestra

6.3.8 Género *Tokophrya*

El género *Tokophrya* se distingue por incluir suctores carentes de lóriga, con formas variables, ovales y piramidales, con un pedúnculo rígido, corto o largo, estriado o no y los tentáculos están dispuestos apicalmente en dos a cuatro fascículos.

Tokophrya cyclopum (Cuadro XVI y fig. 28) se registró en la localidad Río Trece en la temporada de secas sobre la antena y el caparazón del cangrejo *Raddaus bocourti* y en la misma temporada también se registró en el acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en los pleópodos. Es un suctor con el pedúnculo del mismo tamaño del cuerpo, los tentáculos capitados están dispuestos en dos fascículos en la región apical, el macronúcleo es esférico y está situado en la parte central del trofonte; tiene dos vacuolas contráctiles cerca de cada uno de los fascículos. El registro de este suctor en este trabajo representa el primero para México en ambientes dulceacuícolas del estado de Chiapas y el primero en el género *Raddaus*.

Tokophrya quadripartita (Cuadro XVI y fig. 29) se registró en los pereiópodos en temporada de secas y en la temporada de lluvias sobre la quela y partes bucales del acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp., también se registró en el cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis* en la temporada de lluvias sobre las partes bucales. Es un suctor en forma de pirámide y se caracteriza por la presencia de cuatro actinóforos prominentes dispuestos cada uno en cada una de las esquinas en la región apical del trofante; el macronúcleo es esférico y situado en la parte central, la vacuola contráctil está situada apicalmente y el pedúnculo es largo, delgado y liso. *Tokophrya quadripartita* ha sido registrada previamente en México (Cuadro XV), el registro de este trabajo representa el primero para el estado de Chiapas en un ambiente dulceacuícola.

Cuadro XV. Registros previos de *Tokophrya quadripartita* en México.

AUTOR	AÑO	LOCALIDAD	HÁBITAT	SUSTRATO
López-Ochoterena	1964, 1965, 1992	Lago Chapultepec, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Roure-Cané	1969	Lago Xochimilco, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena y Roure-Cané	1970	Lago Chapultepec, Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
López-Ochoterena y Ochoa-Gasca	1971	Lago Zempoala, Morelos	Dulceacuícola	<i>Cambarellus montezumae zempoalensis</i> Villalobos, 1943
Madrazo-Garibay <i>et al.</i> ,	1990	Morelos	Dulceacuícola	ND
Serrano-Limón y López-Ochoterena	1992	Lago Xochimilco, Ciudad de México	Dulceacuícola	Villalobos, 1943
Mayén-Estrada	1997	Lago Pátzcuaro, Michoacán	Dulceacuícola	<i>Cambarellus patzcuarensis</i> Villalobos, 1943
García-Santana	2000	Ciudad de México	Dulceacuícola	ND
Mayén-Estrada y Aladro -Lubel	2001	Lago Pátzcuaro, Michoacán	Dulceacuícola	<i>Cambarellus patzcuarensis</i> Villalobos, 1943
Mariño-Pérez <i>et al.</i> ,	2011	Estado de México	Dulceacuícola	<i>Lethocerus</i> sp.

ND = no determinado

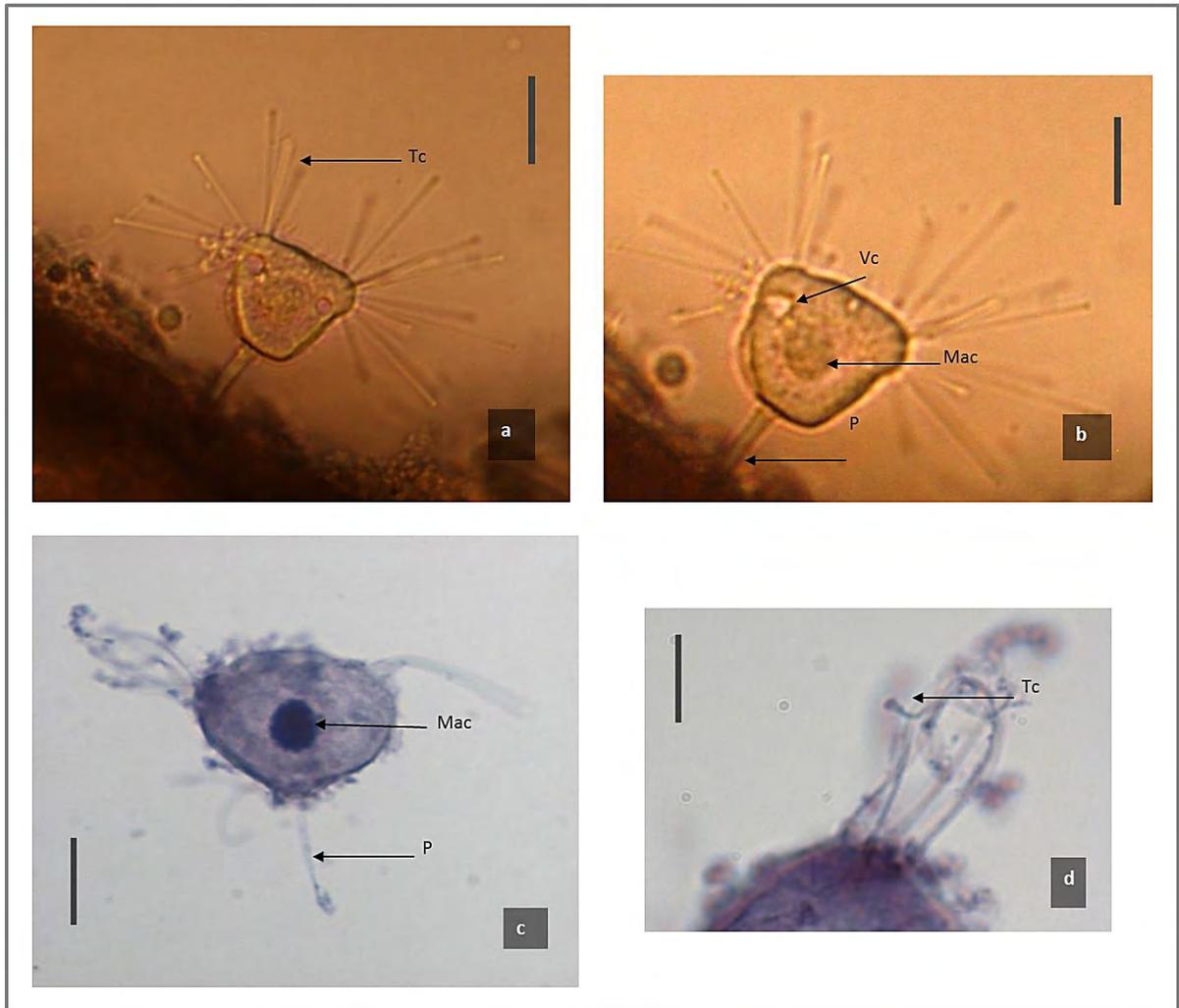


Figura 28. *Tokophrya cyclopum*, a) y b) trofante en vivo sobre el caparazón de *Raddaus bocourti*, c) trofante teñido con hematoxilina de Harris, d) detalle de los tentáculos capitados. Mac = macronúcleo, P = pedúnculo, Tc = tentáculos capitados y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia a = 20 μm , b y c = 10 μm y d = 5 μm .



Figura 29. *Tokophrya quadripartita*, a) trofante en vivo sobre la quela de *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp., b) trofante teñido con Hematoxilina de Harris. Mac = macronúcleo, P = pedúnculo, Tc = tentáculos capitados y Vc = vacuola contráctil. Barra de referencia = 25 µm.

Cuadro XVI. Atributos morfométricos de *Tokophrya cyclopum* y *T. quadripartita* (medidas en µm ± E.E.).

ATRIBUTOS	ESPECIE	
	<i>Tokophrya cyclopum</i> n = 3	<i>Tokophrya quadripartita</i> n = 4
Longitud del trofante	$\bar{x} = 32 \pm 3$	$\bar{x} = 70 \pm 12$
Ancho del trofante	$\bar{x} = 30 \pm 4$	$\bar{x} = 56 \pm 8$
Longitud del pedúnculo	$\bar{x} = 20 \pm 2$	$\bar{x} = 95 \pm 15$
Ancho del pedúnculo	$\bar{x} = 2 \pm 1$	$\bar{x} = 1.8 \pm 1$
Longitud de los tentáculos	$\bar{x} = 14 \pm 3$	$\bar{x} = 16 \pm 2$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 10 \pm 1$	$\bar{x} = 11 \pm 1$
Longitud del macronúcleo	$\bar{x} = 10.5 \pm 1$	$\bar{x} = 12 \pm 0.5$

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

6.3.9 Género *Trichophrya*

Las especies del género *Trichophrya* se caracterizan por ser suctores de forma irregular, dorsoventralmente comprimidos, con tentáculos capitados o no, dispuestos hasta en ocho fascículos y poseen numerosas vacuolas contráctiles. Carecen de lóriga y de pedúnculo y están unidos al sustrato directamente por la membrana. Pueden ser epibiontes, asociados a diversos sustratos.

Trichophrya astaci (Cuadro XVII y fig. 30) se registró sobre la quela del acocil *Procambarus* (*Austrocambarus*) sp. en la temporada de secas. Posee hasta seis fascículos aproximadamente con doce tentáculos capitados cada uno, su macronúcleo es ramificado. En vista lateral los fascículos se observan de forma tubular. En México Mayén-Estrada (1997) y Mayén-Estrada y Aladro -Lubel (2001) observaron a este suctor sobre el acocil *Cambarellus patzcuarensis* en Michoacán en el Lago Pátzcuaro. El registro de este suctor en este trabajo representa el primero para el estado de Chiapas.

Cuadro XVII. Atributos morfométricos de *Trichophrya astaci* (medidas en $\mu\text{m} \pm \text{E.E.}$).

ATRIBUTOS	MEDIDAS n = 2
Largo del trofante	$\bar{x} = 198 \pm 4$
Ancho del trofante	$\bar{x} = 10.8 \pm 2$
Longitud de los tentáculos	$\bar{x} = 15 \pm 3$
Ancho del macronúcleo	$\bar{x} = 5 \pm 0.5$
Largo del macronúcleo	$\bar{x} = 80 \pm 8$

E.E.= error estándar, n = número de muestra y \bar{x} = media muestral.

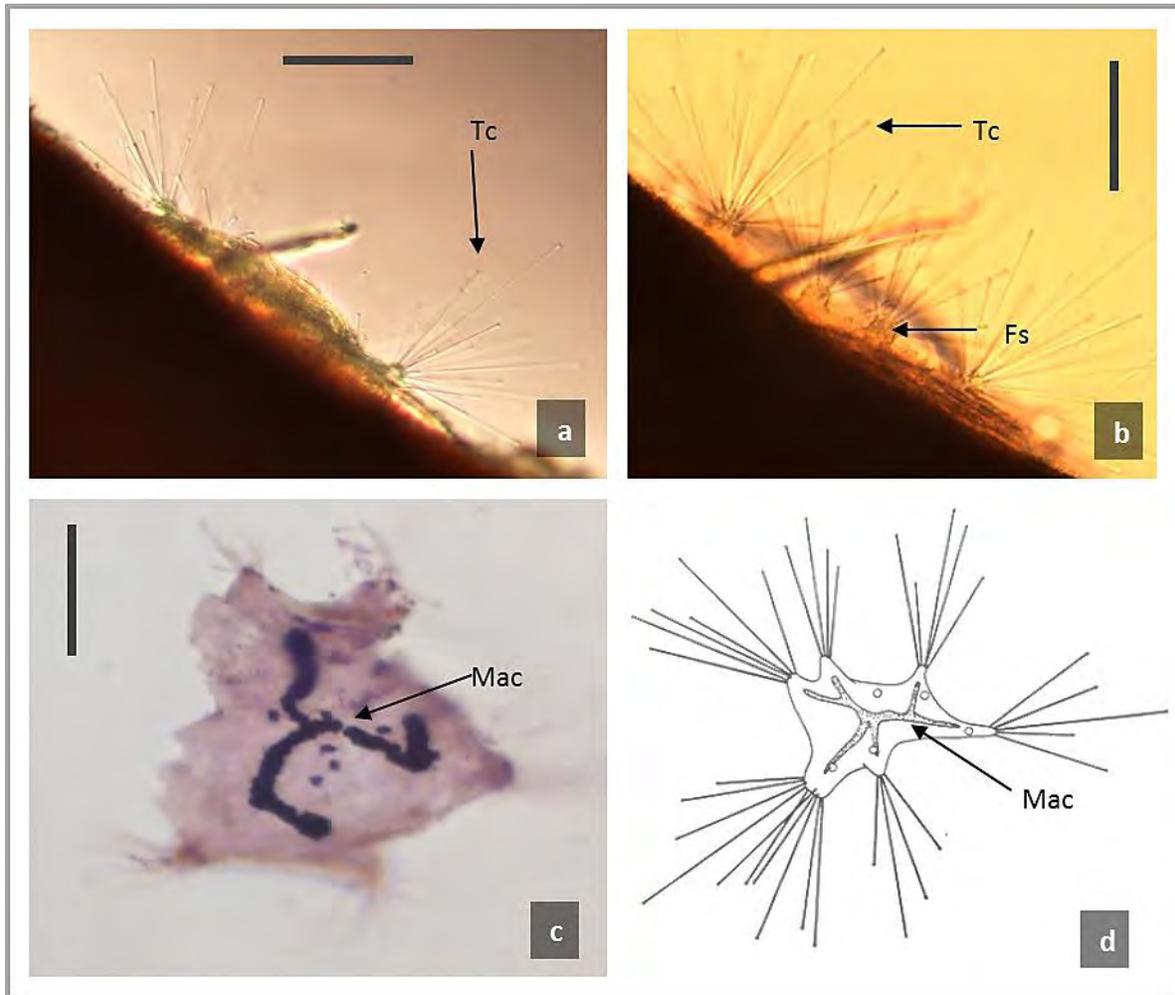


Figura 30. *Trichophrya astaci*, a) y b) trofante en vivo sobre la quela de *Procambarus (Austrocambarus)* sp., c) trofante teñido con hematoxilina de Harris, d) esquema modificado de Matthes *et al.* (1988). Fs = fascículos, Mac = macronúcleo y Tc = tentáculos capitados. Barra de referencia a = 30 μm , b y c = 20 μm .

6.4 Sistema epibiótico

6.4.1 Distribución de ciliados epibiontes sobre basibiontes y temporada climática

La relación epibiótica entre protistas ciliados y crustáceos decápodos se observó en los tres basibiontes recolectados, distribuidos en las cuatro localidades dentro del Parque Nacional Lagunas de Montebello. Los ciliados epibiontes se observaron en varias regiones del cuerpo de los crustáceos recolectados.

En la localidad Río Montebello, el cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis* presentó ocho especies de ciliados epibiontes en las dos temporadas climáticas y la composición de especies fue diferente. En lo que respecta a la distribución del epibionte sobre el basibionte, los ciliados se adhirieron a distintas regiones corporales del cangrejo. *Acineta tuberosa* y *Epistylis bimarginata* se caracterizaron por estar presentes en las dos épocas climáticas, por su parte, *Vorticella campanula* y *Epistylis* sp. 3 se presentaron únicamente en la temporada de secas (Cuadro XVIII).

En la localidad Río Trece, fueron registradas en el basibionte *Raddaus bocourti* nueve especies de ciliados, distribuidas en ocho regiones del cangrejo, siendo *Acineta tuberosa* el ciliado presente en los cuatro muestreos (Cuadro XIX).

En la localidad Río Once, la riqueza de especies de ciliados registrada fue menor (cuatro especies) comparado con los otros tres cuerpos de agua. En el decápodo *Raddaus bocourti* se observaron: *Acineta tuberosa* y *Vorticella* sp. 1 (temporada de lluvias), *Epistylis plicatilis* y *Epistylis* sp. 2 (temporada de secas) (Cuadro XX).

En la localidad Estanque Ya León, se encontró la mayor riqueza de especies de ciliados epibiontes (13 especies) distribuidas en el cuerpo de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en las dos temporadas climáticas. *Opercularia articulata* fue el ciliado con mayor distribución temporal y espacial, ya que se presentó en los cuatro muestreos en varias regiones del cuerpo del basibionte; las especies de *Cothurnia* sólo se encontraron en la temporada de lluvias, específicamente en el primer muestreo de septiembre (Cuadro XXI).

Cuadro XVIII. Distribución de las especies de ciliados en las regiones del cuerpo de *Phrygiopilus montebelloensis* en el Río Montebello de acuerdo con la temporada climática.

Ciliado epibionte	Temporada climática			
	Lluvias sep 2014	Secas ene 2015	Lluvias jun 2015	Secas oct 2015
<i>Acineta tuberosa</i>	Pleópodo	Quela		
<i>Cothurnia variabilis</i>	Branquias			
<i>Cothurnia imberbis</i>	Pleópodo			
<i>Epistylis bimarginata</i>	Pleópodo	Maxilípedo	Antena	
<i>Epistylis niagarae</i>	Quela		Caparazón	
<i>Vorticella campanula</i>				Pereiópodo
<i>Epistylis</i> sp. 3		Caparazón	Caparazón	Pleópodo
<i>Tokophrya quadripartita</i>			Antena	

Cuadro XIX. Distribución de las especies de ciliados en las regiones del cuerpo de *Raddaus bocourti* en el Río Trece de acuerdo con la temporada climática.

Ciliado epibionte	Temporada climática			
	Lluvias sep 2014	Secas ene 2015	Lluvias jun 2015	Secas oct 2015
<i>Acineta tuberosa</i>	Pleópodos	Pleópodos	Caparazón	Caparazón
<i>Epistylis niagarae</i>	Pereiópodos			
<i>Epistylis plicatilis</i>		Quela		Caparazón
<i>Epistylis</i> sp. 3	Partes bucales			
<i>Vorticella chlorostigma</i>			Pleópodos	
<i>Vorticella</i> sp. 2	Antena			
<i>Podophrya maupasi</i>			Antena	
<i>Podophrya sandi</i>		Caparazón		
<i>Tokophrya cyclosum</i>		Caparazón		Antena

Cuadro XX. Distribución de las especies de ciliados en las regiones del cuerpo de *Raddaus bocourti* en el Río Once de acuerdo con la temporada climática.

Ciliado epibionte	Temporada climática			
	Lluvias sep 2014	Secas ene 2015	Lluvias jun 2015	Secas oct 2015
<i>Acineta tuberosa</i>	Caparazón		Pereiópodos	Rostro
<i>Epistylis plicatilis</i>		Antena		Quela
<i>Epistylis</i> sp. 2		Parte bucal		
<i>Vorticella</i> sp. 1			Pleópodos	

Cuadro XXI. Distribución de las especies de ciliados en el cuerpo de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. en el Estanque Ya León de acuerdo con la temporada climática.

CILIADO EPIBIONTE	TEMPORADA CLIMÁTICA			
	Lluvias sep 2014	Secas ene 2015	Lluvias jun 2015	Secas oct 2015
<i>Cothurnia variabilis</i>	Branquias			
<i>Cothurnia imberbis</i>	Pleópodos			
<i>Epistylis bimarginata</i>	Caparazón			
<i>Epistylis hentscheli</i>				Pereiópodos
<i>Epistylis thienemanni</i>	Quela	Antena		
<i>Epistylis</i> sp. 1				Pereiópodos
<i>Opercularia articulata</i>	Urópodo	Telson	Pereiópodos	Quela Caparazón
<i>Tokophrya cyclopum</i>		Pleópodos		
<i>Tokophrya quadripartita</i>	Quela	Pereiópodos	Rostro	
<i>Trichophrya astaci</i>				Quela
<i>Vorticella campanula</i>		Urópodo Antena		
<i>Vorticella infusionum</i>	Pleópodos			
<i>Zoothamnium dichotomum</i>			Quela	Pereiópodos

6.4.2 Riqueza específica de ciliados por talla de basibionte

La riqueza específica de ciliados epibiontes no fue la misma dependiendo de la talla del basibionte, se observó que los basibiontes de una talla pequeña tuvieron una menor riqueza específica de ciliados epibiontes en comparación con los organismos de mayor talla. En los cangrejos *Phrygiopilus montebelloensis* con tallas grandes (LC = 2.6cm) la riqueza específica fue de seis especies de ciliados, mientras que en los organismos de tallas más pequeñas (LC = 1.8cm) se registró solo una especie de ciliado. En los cangrejos del Río Trece, *Raddaus bocourti* con tallas grandes (LC = 2.75cm) las especies de ciliados que se registraron fueron siete y en las tallas menores (LC = 2.1cm) fue una especie. En los cangrejos del Río 11, *R. bocourti* con tallas grandes (LC = 2.55cm) la riqueza específica fue de tres especies de ciliados, mientras que en los organismos de tallas más pequeñas (LC = 1.9cm) se registró solo una especie. En los acociles *Procambarus (Austrocambarus)* sp. presentes en el Estanque Ya León con tallas grandes (LC = 6.1cm) las especies de ciliados que se registraron fueron siete y en las tallas menores (LC = 4cm) fue una especie de ciliado epibionte. La regresión lineal muestra una clara tendencia a que todos los crustáceos con tallas grandes presentan el mayor número de especies de ciliados (Fig. 31).

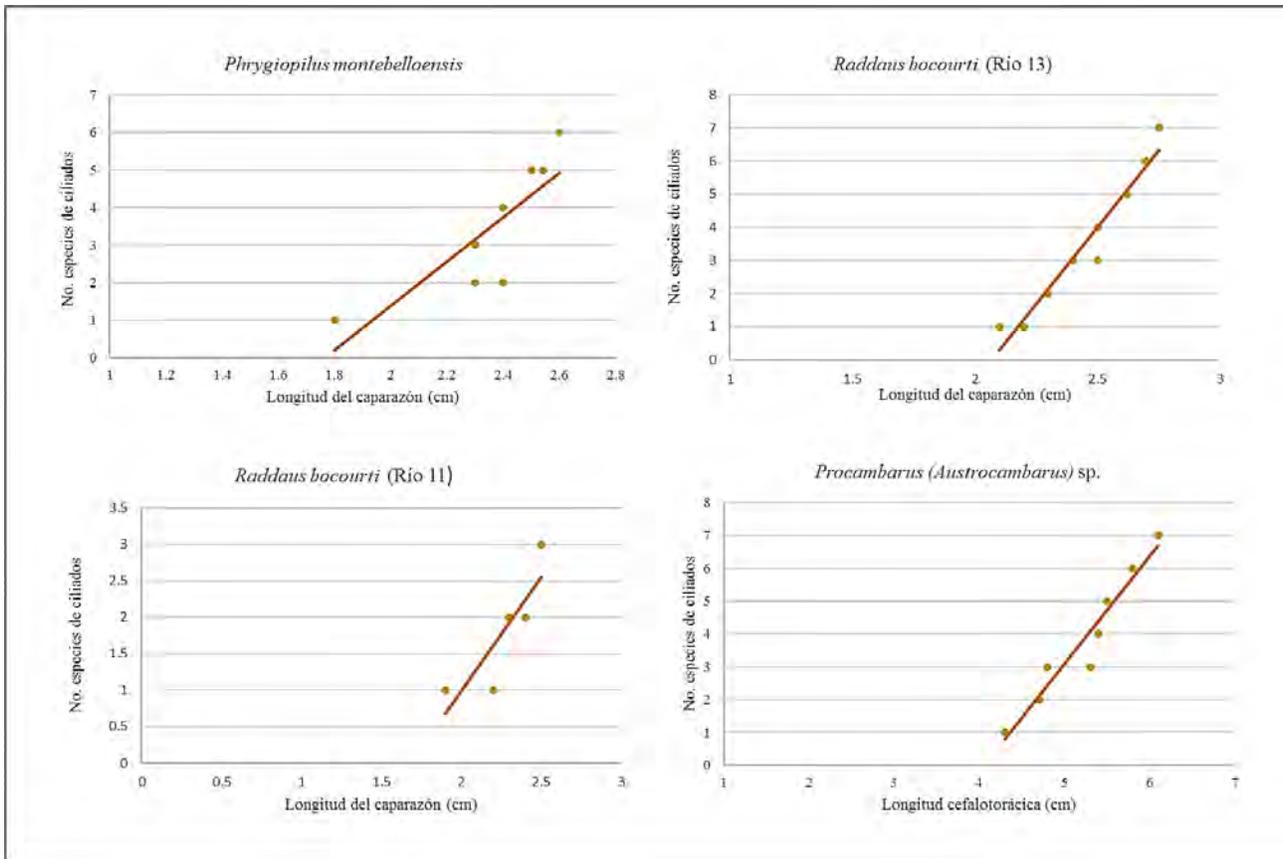


Fig. 31. Regresión lineal de las especies de ciliados epibiontes en las diferentes tallas de los basibiontes.

6.4.3 Riqueza específica de ciliados por temporada y localidades

La riqueza de especies de ciliados epibiontes en la temporada de lluvias fue de 23 y en la temporada de secas fue de 20 especies en las cuatro localidades. Tanto en la temporada de lluvias como en la de secas, el mayor número de especies de ciliados epibiontes se observó en el Estanque Ya León. Mientras que, para los ríos, en la temporada de lluvias el Río 13 presentó la mayor cantidad de ciliados, mientras que, en la temporada de secas, la mayor riqueza de especies de ciliados se registra en el Río Montebello y en el Río 13. Siendo el Río 11, el cuerpo de agua que presentó la menor cantidad de especies de ciliados epibiontes en los crustáceos.

En el Río Montebello se registraron diez especies de ciliados, de éstas, seis se observaron en lluvias y cuatro en temporada de secas; en el Río Trece, se registraron 11 especies en las dos temporadas climáticas, en lluvias se observaron siete especies y en secas la riqueza de especies fue de cuatro; en el Río Once se observaron cinco especies, tres en la temporada de secas y dos en la temporada de lluvias y en el Estaque Ya León se observó un total de 17 especies de ciliados, ocho especies se registraron en la temporada de lluvias y nueve especies en la temporada de secas (Fig. 32).

Se realizó un análisis estadístico de χ^2 con el programa PAST 3.13 2016, dicho análisis muestra que la riqueza de ciliados epibiontes entre las temporadas de lluvias y de secas no tiene diferencias significativas ($p = 0.735$), por lo que en este estudio la riqueza de ciliados epibiontes no tiene relación con la temporada de lluvias y de secas.

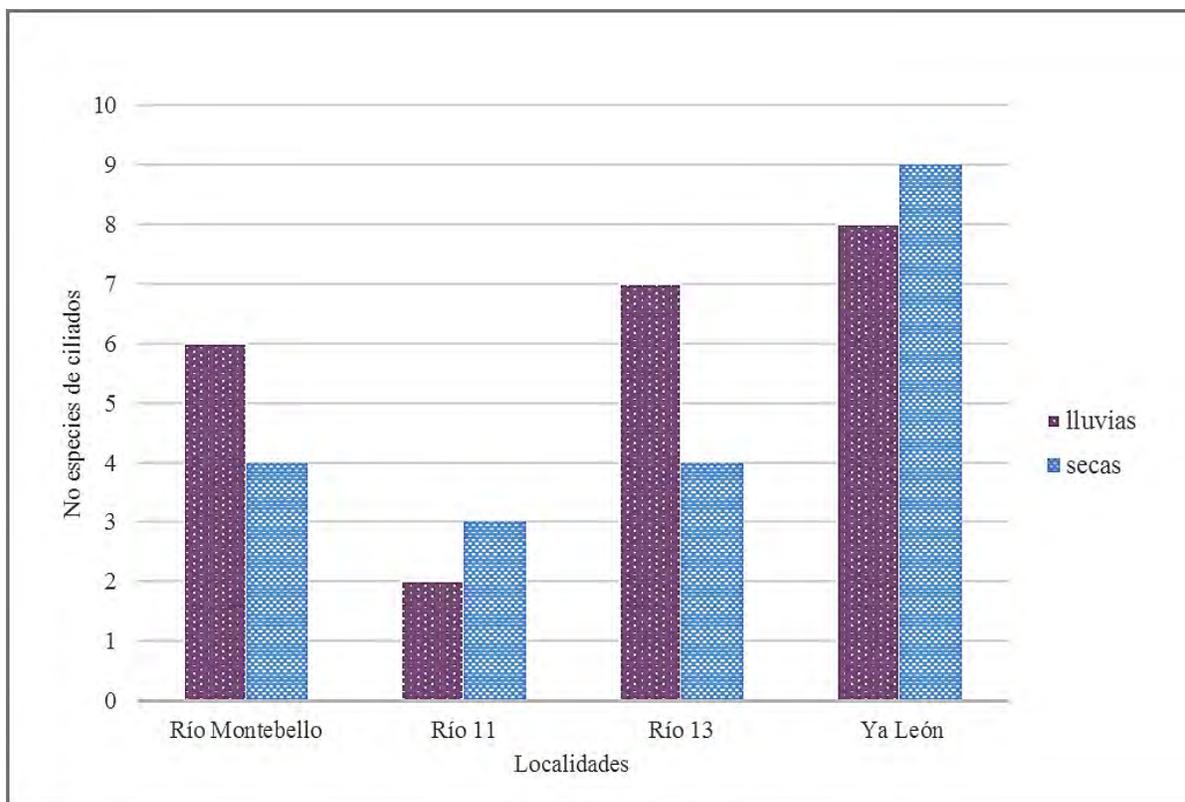


Figura 32. Riqueza específica de ciliados epibiontes de crustáceos decápodos en las cuatro localidades de los Lagos de Montebello, Chiapas, en las dos temporadas climáticas (lluvias y secas).

6.4.4 Distribución de ciliados epibiontes en las localidades

La mayor riqueza de ciliados epibiontes se obtuvo en el estanque Ya León (13 especies), la menor fue en el Río Once (cuatro especies). Algunas especies se registraron en más de una localidad, como *Acineta tuberosa*, que se presentó en el Río Montebello, Río Once y Río Trece, otras especies se observaron en dos localidades, como *Cothurnia imberbis* (Montebello y Ya León), *C. variabilis* (Montebello y Ya León), *Epistylis bimarginata* (Montebello y Ya León), *E. niagarae* (Montebello y Río Trece), *E. plicatilis* (Río Once y Río 13), *Epistylis* sp. 3 (Montebello y Río Trece), *Tokophrya cyclopum* (Río Trece y Ya León), *T. quadripartita* (Montebello y Río Trece) y *Vorticella campanula* (Montebello y Ya León) y 13 especies se presentaron únicamente en una localidad (Cuadro XXII).

Se realizó una comparación entre localidades y sus basibiontes con respecto a los ciliados epibiontes. El resultado del análisis de similitud (coeficiente de Jaccard) es un dendrograma jerárquico basado en la presencia o ausencia de las especies que muestra una agrupación que incluye al Río Montebello, al Río Trece y al Río Once, considerando la riqueza específica de los ciliados epibiontes, mientras que separa considerablemente al Estanque Ya León (Fig. 33).

Cuadro XXII. Riqueza específica de ciliados epibiontes en las localidades de muestreo.

Ciliado epibionte	Localidades			
	Montebello	Río Trece	Río Once	Estanque Ya León
<i>Acineta tuberosa</i>	X	X	X	
<i>Cothurnia imberbis</i>	X			X
<i>Cothurnia variabilis</i>	X			X
<i>Epistylis bimarginata</i>	X			X
<i>Epistylis hentscheli</i>				X
<i>Epistylis niagarae</i>	X	X		
<i>Epistylis plicatilis</i>		X	X	
<i>Epistylis thienemanni</i>				X
<i>Epistylis</i> sp. 1				X
<i>Epistylis</i> sp. 2			X	
<i>Epistylis</i> sp. 3	X	X		
<i>Opercularia articulata</i>				X
<i>Podophrya maupasi</i>		X		
<i>Podophrya sandi</i>		X		
<i>Tokophrya cyclopum</i>		X		X
<i>Tokophrya quadripartita</i>	X			X
<i>Trichophrya astaci</i>				X
<i>Vorticella campanula</i>	X			X
<i>Vorticella chlorostigma</i>		X		
<i>Vorticella infusionum</i>				X
<i>Vorticella</i> sp. 1			X	
<i>Vorticella</i> sp. 2		X		
<i>Zoothamnium dichotomun</i>				X
TOTAL	8	9	4	13

X = presencia

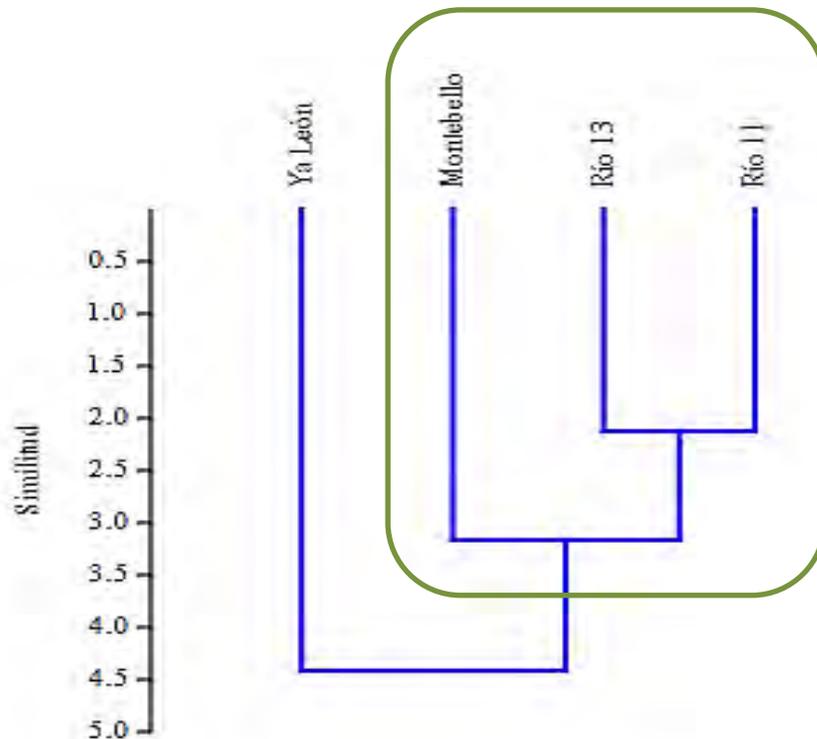


Figura 33. Dendrograma jerárquico de agrupamiento de las localidades de colecta basado en la presencia-ausencia de los ciliados epibiontes. Índice de similitud: Jaccard; Método de agrupamiento: UPGMA.

6.5 Parámetros físicos y químicos

En la temporada de lluvias (septiembre de 2014 y junio 2015), el Estanque Ya León presentó la máxima temperatura (25.3 °C) y en el Río Once se registró la mínima temperatura (21.5 °C); en lo que respecta a la conductividad el Río Once presentó la mayor cantidad (295 $\mu\text{S/cm}$), mientras que el Río Montebello fue la localidad más baja en este parámetro (259 $\mu\text{S/cm}$); el Estanque Ya León presentó la menor concentración de oxígeno disuelto (5.67 mg/l), mientras que la mayor concentración se registró en el Río Once (11.78 mg/l); con respecto al pH en el Río Once los resultados fueron los más bajos (6.9) y en Ya León los más altos (8.19) (Cuadro XXIII y fig. 34).

En la temporada de secas (enero y octubre de 2015), el Río Montebello presentó la temperatura más baja de todas las localidades (19.45 °C) y el Río Once presentó la temperatura más alta (24.9 °C); respecto a la conductividad, Ya León, presentó la medición mayor (283 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que la menor fue en el Río Once; la mayor concentración de oxígeno disuelto la presentó el Río Trece (11.82 mg/l) y la menor cantidad fue en Ya León (6.57 mg/l); en relación al pH, Ya León presentó el valor más alto (9) y el más bajo se registró en el Río Once (8.85) (Cuadro XXIII y fig. 34).

Cuadro XXIII. Parámetros físicos y químicos registrados en los sitios de muestreo del Parque Nacional Lagunas de Montebello, en dos temporadas climáticas.

Localidad	Oxígeno disuelto (mg/L)		Temperatura (°C)		pH		Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas
	Río Montebello	10.04	11.8	22.1	19.45	8.15	8.95	259
Río Trece	9.23	14.06	23.1	24.05	8.1	8.95	260	262
Río Once	11.78	12.68	21.5	24.9	6.9	8.85	295	239
Estanque Ya León	5.67	6.57	25.3	22.25	8.19	9	294	283.5

lluvias = septiembre (2014) y junio (2015); secas = enero y octubre (2015).

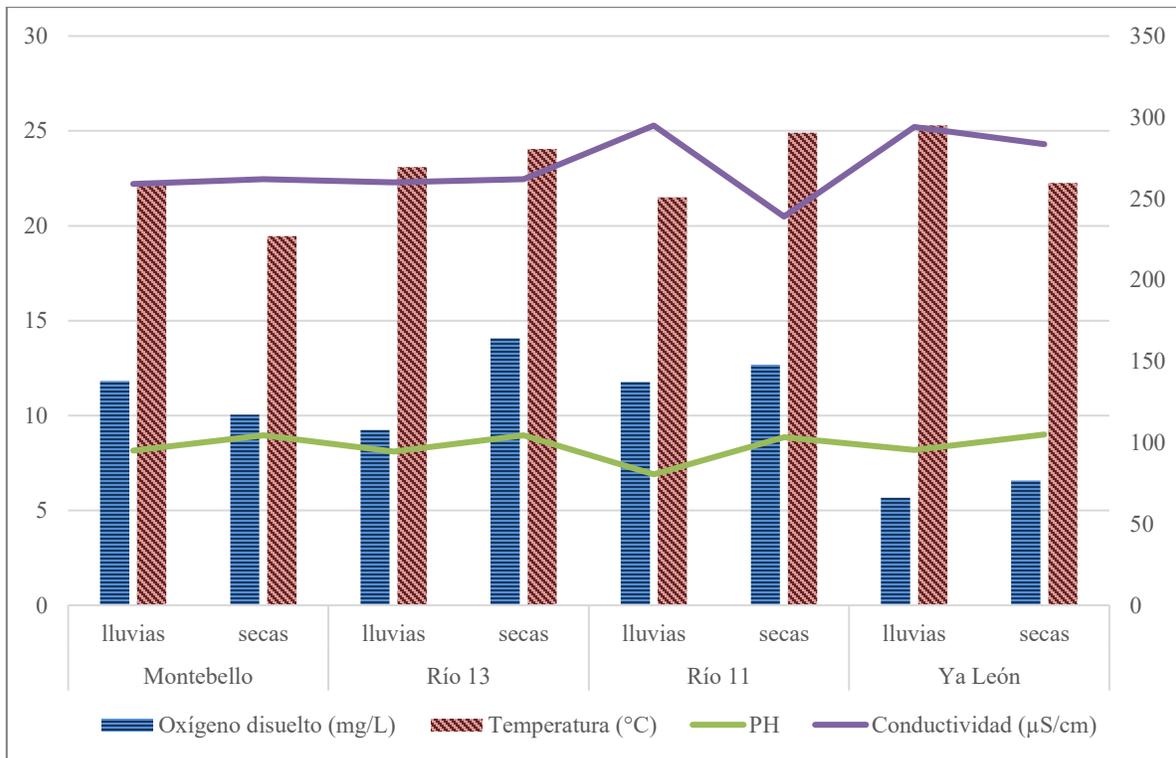


Figura 34. Parámetros físicos y químicos registrados en dos temporadas climáticas (lluvias y secas) en los Lagos de Montebello, la conductividad se muestra como eje secundario.

Se realizó una comparación entre localidades con respecto a los parámetros físicos y químicos, en el resultado del análisis de agrupamiento se obtuvo una agrupación que incluye al Río Montebello, al Río Trece y al Río Once, sin embargo, los Ríos Once y Trece están más cerca entre sí en la época de secas y, en esta temporada, se separan considerablemente del Estanque Ya León (Fig. 35a). En la temporada de lluvias, se muestra una agrupación que incluye al Río Montebello, al Río Trece y al Río Once, pero los ríos más similares fueron el Río Montebello y el Río Once y, al igual que en la temporada de secas, el Estanque Ya León está separado considerablemente de las otras tres localidades con respecto a los registros de los parámetros físicos y químicos del agua (Fig. 35b).

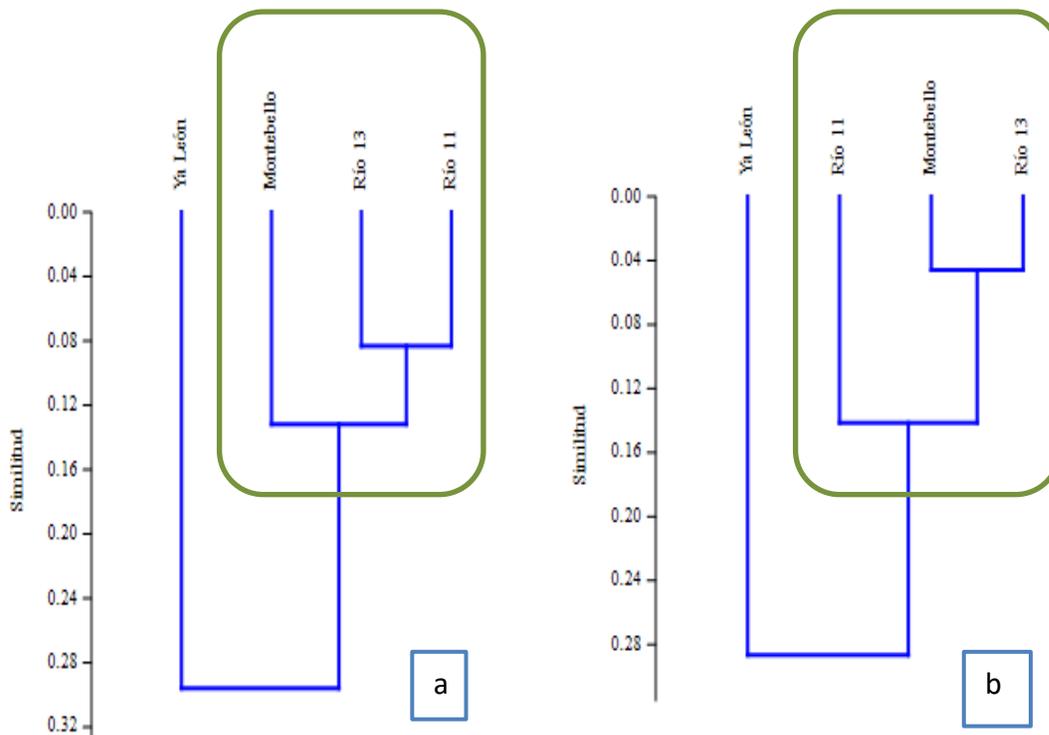


Figura 35. Dendrogramas jerárquicos de agrupamiento de las localidades con base en los datos físicos y químicos. Índice de similitud: Coeficiente de correlación de Pearson. Método de agrupamiento: UPGMA. a = temporada de secas, b = temporada de lluvias.

Se realizó un análisis canónico de correspondencia para observar la relación entre los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua con el número de especies de ciliados epibiontes, el análisis muestra que para el Río Trece y Río Montebello que tuvieron diez y once especies de ciliados respectivamente, el parámetro que se relaciona más fue el pH y la concentración de oxígeno disuelto, el Río Once está más separado, pues únicamente cuenta con cinco especies de ciliados epibiontes y los parámetros que se relacionaron más fue la conductividad y la concentración de oxígeno disuelto, en lo que respecta al Estanque Ya León, los parámetros relacionados con la riqueza específica de ciliados fue la temperatura y la conductividad. La correlación del pH y la temperatura no tienen relación con la riqueza de ciliados epibiontes presentes en los cuerpos de agua (Fig. 36).

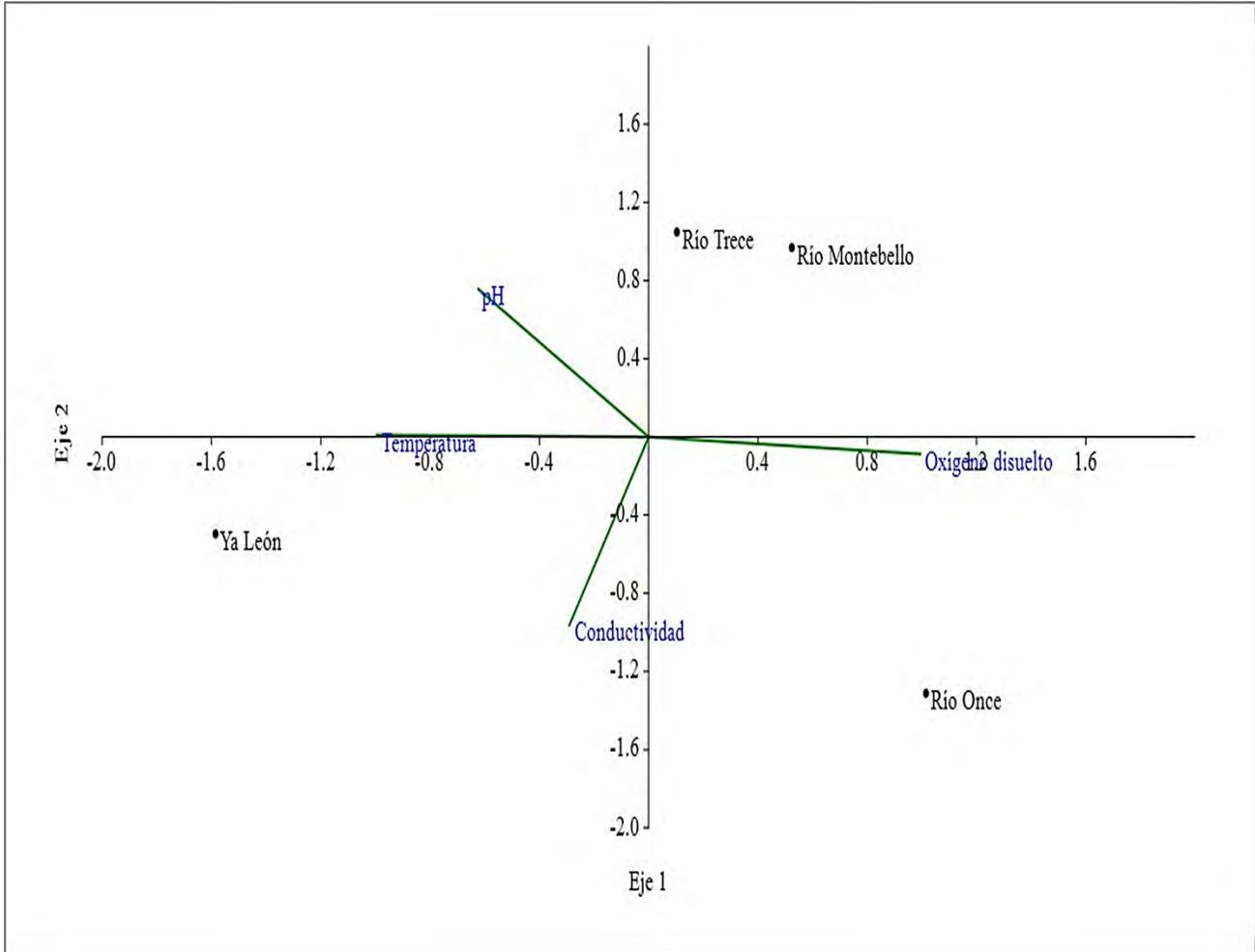


Figura 36. Análisis de correspondencia canónica entre la riqueza específica de ciliados y los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua.

7. DISCUSIÓN

7.1 Crustáceos decápodos

Los ambientes acuáticos con sustrato cárstico de Chiapas, albergan diversos grupos de organismos debido a que es una región donde se desarrolla una compleja orografía y una alta disponibilidad de agua, los crustáceos dulceacuícolas son los más representativos y diversos de los ambientes acuáticos de Chiapas (Álvarez y Villalobos, 1997). Los decápodos dulceacuícolas que se identificaron en el área de estudio fueron dos representantes de la familia Pseudothelphusidae y uno de la familia Cambaridae.

Los organismos de la familia Pseudothelphusidae fueron los cangrejos *Phrygiopilus montebelloensis* (Río Montebello) y *Raddaus bocourti* (Río Once y Río Trece). La distribución de esta familia está restringida a zonas neotropicales y hasta el momento no ha habido introducciones que pudieran expandir el área de distribución de este grupo (Álvarez *et al.*, 2012).

Los cuerpos de agua en los cuales se obtuvieron a los cangrejos utilizados en este estudio, son de sustratos arenosos, rocosos y arcillosos, son ríos poco alterados con una corriente constante. Los cangrejos se recolectaron en las orillas de los cuerpos de agua, debajo de las rocas o en pequeñas pozas, acorde a Nyström *et al.* (1999) y Rallo *et al.* (2001), quienes mencionaron que los crustáceos decápodos tienden a buscar pozas para reproducirse y alimentarse; la ausencia de dichas pozas en los cuerpos de agua disminuye la eficacia biológica de los cangrejos y por lo tanto su población.

Los pseudotelfúsidos poseen un epitelio especializado y vascularizado llamado pseudopulmón, que recubre la cámara branquial y les permite la respiración aérea mientras ésta se conserve húmeda (Díaz y Rodríguez, 1977; Álvarez *et al.*, 2012), lo que les facilita vivir en las orillas de los cuerpos de agua, como los de las localidades de este estudio.

El representante de la familia Cambaridae fue el acocil *Procambarus (Austrocambarus) sp.*, la distribución de esta familia se encuentra principalmente en Norteamérica. En México, los cambáridos se encuentran en la vertiente del Golfo de México a lo largo del Eje

Neovolcánico Transversal y, algunas especies, se distribuyen en el centro y norte del país, en Chiapas y en la península de Yucatán. En Chiapas, la distribución de acociles abarca las porciones de las cuencas que conectan al Golfo de México y no en las cuencas que vierten hacia el Pacífico (Álvarez *et al.*, 2012).

Los acociles de este estudio se recolectaron en un estanque artificial que corresponde a un sistema cerrado en el que no existe circulación de agua; la pérdida de agua es por medio de la evaporación y el suministro de la misma es por la precipitación. Dentro del estanque, los acociles se encontraron debajo de la vegetación riparia, hábitat documentado por Hobbs (1991) quien mencionó que los cambáridos son organismos que habitualmente se encuentran en el fondo del cuerpo de agua, en la capa superficial de sedimento o asociados a las raíces de la vegetación riparia.

En lo que respecta a la proporción de sexos de los crustáceos recolectados, se encontró un total de 127 hembras y 80 machos en las dos temporadas climáticas en las cuatro localidades de muestreo en el Parque Nacional Lagunas de Montebello. Rallo *et al.* (2001) mencionaron que las hembras son más inactivas en comparación con los machos, es por ello que en las cuatro recolectas, las hembras fueron capturadas en mayor proporción.

En la composición de tallas, los machos de las tres especies estudiadas presentaron tallas mayores a las de las hembras, sin embargo, no se obtuvieron diferencias con relación a la riqueza específica de ciliados epibiontes, talla y sexo del crustáceo. En la temporada de lluvias se recolectaron 103 decápodos y en la temporada de secas 104 decápodos, por lo que no existe una diferencia significativa ($p = 0.735$), entre el número de crustáceos recolectados y la temporada climática, resultados similares obtuvieron Celis-Sánchez *et al.* (2014) al no encontrar diferencias significativas en la recolecta de crustáceos decápodos en distintas épocas climáticas.

7.2 Ciliados

Las interacciones ecológicas en ambientes acuáticos influyen de manera determinante en la estructura y en el funcionamiento del sistema y una interacción frecuente en estos ambientes es la epibiosis. El sistema epibiótico en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, se observó en las cuatro localidades, en tres especies de basibiontes (dos cangrejos y un acocil) y durante un ciclo anual en dos temporadas climáticas.

La epibiosis entre ciliados y crustáceos decápodos es una interacción que en México ha sido poco estudiada, por lo que los resultados de este estudio son los primeros en crustáceos decápodos en sistemas de agua dulce en el estado de Chiapas y, además, se contribuye con cuatro nuevos registros de ciliados para México y un primer registro mundial de la epibiosis ciliado - crustáceo (*Epistylis hentscheli* - *Procambarus (Austrocambarus)* sp.).

Los ciliados epibiontes de crustáceos, incluyendo peritricos y suctores, son componentes importantes de los sistemas dulceacuícolas de los Lagos de Montebello, Chiapas. Numerosas especies de las subclases Peritrichia y Suctoria se caracterizan por presentar un pedúnculo y/o una lóriga, las cuales juegan un papel importante en la adhesión a un sustrato y en la protección, por lo que estas estructuras pueden determinar el éxito para colonizar sustratos disponibles por parte de los ciliados (Wahl, 1989; Dovgal, 1998), en este caso de peritricos y suctores.

Otro factor determinante para la colonización de los ciliados sobre los decápodos es la capa límite hidrodinámica, que es la región del flujo próxima a una superficie en donde la velocidad del fluido se ve frenada por las fuerzas de viscosidad, esta capa está determinada por el esfuerzo cortante y la fuerza máxima que hay en la zona de adhesión (Dovgal, 1998). En la epibiosis el pedúnculo es la fuerza cortante y la zona de adhesión es el crustáceo basibionte. Esta capa es importante en la formación de la estructura micro-espacial de las comunidades de epibiontes, ya que determina la localización de los ciliados epibiontes en el basibionte (Dovgal, 2008). Los organismos menores a 1 mm habitan dentro de la capa límite hidrodinámica, esta capa se forma alrededor de los cuerpos que están sumergidos en algún líquido debido a la viscosidad del fluido y se establece cerca de la superficie de un sustrato,

donde la velocidad de flujo del fluido disminuye y cerca de la superficie llega casi a cero (Dovgal, 2008), por lo que los ciliados que se encontraron en este estudio se localizan dentro de la capa límite hidrodinámica.

La rapidez con la que una especie es capaz de sintetizar el pedúnculo o una lóriga determina el éxito para colonizar los sustratos disponibles en el entorno (Wahl, 1989; Dovgal, 1998). Dentro de los ciliados observados en este estudio, se encontraron solo dos especies de peritricos lorigados con pedúnculo, *Cothurnia variabilis* y *C. imberbis*, estos ciliados se han descrito en varios grupos de crustáceos como ostrácodos, anfípodos, decápodos, copépodos, tanaidáceos e isópodos (Morado y Small, 1995). *Cothurnia variabilis* se observó adherido a las branquias, se caracteriza como otros peritricos, por ser filtrador y alimentarse principalmente de bacterias y materia orgánica en suspensión (Morado y Small, 1995). En la cámara branquial, el flujo de agua acarrea y provee alimento además de facilitar la eliminación de los desechos. *Cothurnia imberbis* se registró adherido en los pleópodos de las hembras, una zona protegida ya que el abdomen de las hembras está modificado y los pleópodos están dispuestos contra el cuerpo. Estos dos peritricos lorigados poseen un pedúnculo corto, el cual les permite adherirse a zonas del crustáceo protegidas del medio dentro de la capa límite hidrodinámica y utilizan la lóriga como una estructura de protección, de la cual, el zooide se extiende para alimentarse.

Las otras especies de peritricos pedunculados que se registraron en este estudio carecen de lóriga, sin embargo, el pedúnculo sintetizado con glicoproteínas les permite estar adheridos a la superficie del crustáceo sin que se separe por el movimiento del basibionte o por las corrientes de agua, obteniendo así las ventajas que la interacción les provee, como la dispersión, expansión geográfica, disponibilidad de nutrientes y mejor eliminación de los desechos (Abelló *et al.*, 1990; Fernandez-Leborans, 2010).

Dentro de estos peritricos se registraron a especies del género *Epistylis* que son muy comunes como epibiontes de crustáceos como copépodos, cladóceros, decápodos, braquiópodos y anfípodos (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a) y se caracterizan por formar colonias con pedúnculos rígidos.

Los peritricos del género *Opercularia* sólo se observaron en crustáceos del Estanque Ya León. Algunas especies de este género se caracterizan por habitar en ambientes con baja calidad del agua, considerándose como indicadores biológicas de contaminación y se han registrado principalmente adheridos sobre decápodos y ostrácodos mediante un pedúnculo rígido (Lynn y Gilron, 1992).

Los ciliados del género *Vorticella* han sido observados adheridos como epibiontes en cladóceros, copépodos, anfípodos, decápodos, braquiópodos e isópodos (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a), por medio de un pedúnculo contráctil, por lo que las especies registradas en el presente estudio amplían el espectro de epibiontes.

Otra especie de peritrico pedunculado que se observó en este estudio fue *Zoothamnium dichotomum* que se ha registrado con anterioridad sobre crustáceos como gamáridos, isópodos, copépodos y decápodos (Fernandez-Leborans y Tato-Porto 2000b).

El éxito de colonización de estos peritricos pedunculados carentes de lóriga, como epibiontes de los grupos de crustáceos antes mencionados, se debe a su capacidad de sintetizar el pedúnculo (Dovgal, 1998) para adherirse a la superficie de los crustáceos, a su organización colonial, a su alimentación por filtración y a la formación de una etapa libre nadadora.

En lo que respecta a los representantes de la subclase Suctoria, fueron cuatro los géneros que se observaron en los basibiontes, tres de ellos pedunculados y *Trichophrya astaci* que se adhieren por una amplia superficie del cuerpo.

La especie pedunculada y lorigada *Acineta tuberosa*, se ha observado en varios grupos de crustáceos como cladóceros, ostrácodos, copépodos, isópodos, anfípodos y gamáridos, así como adheridos a vegetación sumergida (Fernandez-Leborans y Tato-Porto 2000b). Es un ciliado que se distribuye desde regiones polares hasta tropicales, habitando diferentes cuerpos de agua (Curds, 1985a) y cuyo pedúnculo le permite adherirse a los basibiontes (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000b).

En este estudio se identificaron dos especies del género *Tokophrya*, las cuales se han observado adheridas a copépodos, anfípodos, ostrácodos, isópodos y decápodos por medio de su pedúnculo rígido (Fernandez-Leborans y Tato-Porto 2000b).

Para el género *Podophrya* se registraron dos especies, *P. sandi* y *P. maupasi*, que se caracterizan por colonizar crustáceos de agua dulce como decápodos, copépodos y anfípodos (Fernández-Leborans y Tato-Porto, 2000a); estos suctores presentan un pedúnculo rígido y corto que les confiere la capacidad de adhesión a un sustrato. Dovgal (2008) mencionó que existen cambios morfológicos de los ciliados sésiles para contrarrestar los factores hidrodinámicos, por lo cual su pedúnculo corto puede ser un factor favorable.

En lo que respecta a *Trichophrya astaci* que se ha registrado previamente en isópodos, gamáridos y decápodos (Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000b), es la única especie encontrada en este estudio que no presenta un pedúnculo con el cual adherirse a un sustrato, sin embargo, utiliza una amplia superficie de su cuerpo para adherirse a los basibiontes, posee una serie de tentáculos ampliamente distribuidos cuya longitud es variable y potencializa la captura de alimento.

7.3 Sistema epibiótico

Las colonizaciones de las comunidades de los ciliados no sólo se determinan por las condiciones del ambiente, sino también, por la biología y el comportamiento del crustáceo (Fernandez-Leborans *et al.*, 1997). Los epibiontes deben acoplarse a las fluctuaciones del comportamiento y del metabolismo del basibionte, ser capaces de formar fases móviles y buscar nuevos sustratos en los periodos de muda de los basibiontes (Utz *et al.*, 2002).

La epibiosis es un proceso dinámico, los beneficios y desventajas de los organismos involucrados varían dependiendo de las condiciones ambientales (Key *et al.*, 1997; Bush *et al.*, 2001). Se ha registrado que los ciliados epibiontes no dañan el cuerpo del crustáceo basibionte debido a las relaciones tróficas, pues existe una retroalimentación de energía (Morado y Small, 1995). La comunidad de epibiontes sobre los crustáceos decápodos juega un papel funcional en el flujo de energía y en la dinámica del ecosistema acuático. Los ciliados son un eslabón muy importante en la transferencia de energía a los niveles tróficos superiores y los cambios en la estructura de la comunidad de epibiontes pueden afectar

significativamente a otros componentes de la red alimentaria acuática, influyendo en la distribución de ambos organismos (Morado y Small, 1995; Fernandez-Leborans, 2010).

Una característica acerca del sistema epibiótico que se observó en este estudio, es que los basibiontes de una talla pequeña tuvieron una menor riqueza específica de ciliados epibiontes en comparación con los organismos de mayor talla, la regresión lineal que se realizó muestra una clara tendencia a que todos los crustáceos con tallas grandes presentan el mayor número de especies de ciliados, por lo que se corrobora la observación de Abelló *et al.* (1990) respecto a que la riqueza de los epibiontes está relacionada con la edad, el tamaño y la madurez sexual de los basibiontes.

Lo anterior se puede deber a dos razones principales; la primera es por la talla intrínseca del organismo. Fernandez-Leborans (2010) mencionó que la riqueza de epibiontes sobre sustratos bióticos y abióticos está estrechamente relacionada con el área de superficie, mientras exista más área disponible para colonizar, mayor será la riqueza específica de los ciliados, lo que sugiere que los organismos adultos son más susceptibles a la colonización que los organismos pequeños, como se observó en este estudio. Connell y Keough (1985) realizaron un estudio en el que concluyeron que los epibiontes se establecen en superficies grandes, resultados que concuerdan con los de este estudio.

La segunda razón por la cual los organismos pequeños tienen menor riqueza específica de epibiontes puede deberse al metabolismo. El metabolismo de los decápodos aumenta a medida que los animales entran en premuda y sigue aumentando hasta que el animal mudó por completo (Rice y Armitage, 1974). Stern y Cohen (1982) examinaron las tasas de consumo de oxígeno y la excreción de amonio de *Macrobrachium rosenbergii* y su correlación con el ciclo de muda y en su estudio encontraron que la tasa metabólica aumentó antes de la muda, seguido de un descenso durante el período de post-muda. Morado y Small (1995) demostraron que la epibiosis es más común en los crustáceos adultos con un metabolismo más bajo que en los crustáceos juveniles, debido a que los adultos mudan con menos frecuencia que los juveniles y el metabolismo de los juveniles aumenta, además los crustáceos adultos se mueven lentamente y, por ello, las larvas se establecen en su superficie más fácilmente. Las mudas de los organismos pequeños son más frecuentes, por lo cual, los

ciliados peritricos no tienen suficiente tiempo para desarrollar colonias con gran número de zooides (Dovgal, 2002).

7.3.1 Distribución espacial de ciliados en los basibiontes

Fernandez-Leborans (2006) realizó un estudio de los epibiontes en el cangrejo *Pagurus bernhardus* y concluyó que respecto a la ubicación en la superficie del basibionte, hay epibiontes que se pueden encontrar en toda la superficie del crustáceo, mientras que otras especies colonizan zonas muy concretas del basibionte, lo cual se puede corroborar en este estudio con *Cothurnia variabilis*, que se registró sobre las branquias tanto del acocil *Procambarus (Austrocambarus)* sp. como del cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis*. Resultados similares obtuvieron Morado y Small (1995) al encontrar a *C. variabilis* únicamente sobre las branquias de varios crustáceos. En este trabajo también se encontraron ciliados que no tuvieron ninguna preferencia por algún segmento del cuerpo del crustáceo, como el caso de *Acineta tuberosa*, el cual se encontró en los tres cuerpos de agua naturales como epibionte de los cangrejos en varias zonas corporales, tales como caparazón, pereiópodos, pleópodos y sobre las quelas.

En este estudio se observó que la distribución de los ciliados sobre el basibionte, puede depender del género del ciliado, mostrando diferentes patrones de distribución a lo largo del eje antero-posterior de los decápodos, por ejemplo, las especies del género *Vorticella*, las cuales se caracterizan por tener un pedúnculo largo y contráctil, en este estudio se encontraron sobre los pereiópodos, pleópodos de los tres crustáceos identificados en este estudio y en los urópodos de *Procambarus (Austrocambarus)* sp. En estos apéndices la contracción del pedúnculo no se ve limitada, ya que éstos están expuestos; este tipo de resultados lo observaron Fernandez-Leborans y Gabilondo (2006), sin embargo, también documentaron que no es una condición estricta, ya que los ciliados también tienden a ocupar el substrato que se encuentre disponible dentro de los requisitos particulares de cada grupo funcional.

Threlkeld *et al.*, (1993), Utz y Coats (2005) y Fernandez-Leborans y Gabilondo (2006), mencionaron que la distribución de los epibiontes en la superficie de los basibiontes se determina por los parámetros bióticos y abióticos del hábitat, como la influencia de corrientes de agua generadas por el basibionte, la disponibilidad de nutrientes, el comportamiento y abundancia del basibionte, el ciclo de vida del basibionte y por la presencia de protuberancias y rugosidades en la superficie del mismo.

En los tres decápodos de este estudio se observaron apéndices y regiones más colonizados por los epibiontes, por ejemplo, las quelas, los pleópodos, los pereiópodos y el caparazón. Sobre las quelas, que fue el apéndice más colonizado, se encontraron tres especies en el cangrejo *Phrygiopilus montebelloensis*, cuatro sobre el cangrejo *Raddaus bocourti* y cinco sobre el acocil *Procambarus (Austrocambarus) sp.*, debido a que las quelas proporcionan una superficie amplia y expuesta, son robustas y están provistas de gránulos puntiagudos y setas, las cuales atrapan partículas de alimentos en suspensión cuando los cangrejos baten los maxilípedos generando corrientes de agua (Schembri, 1982), las quelas son esenciales para la alimentación y la disponibilidad de nutrientes, siendo uno de los factores que más influyen en la distribución de los epibiontes, los cuales se localizan en zonas de la superficie del basibionte donde pueden acceder fácilmente a las partículas de alimento (Threlkeld *et al.*, 1993).

Los apéndices más colonizados, después de las quelas, fueron los pereiópodos. En *Phrygiopilus montebelloensis* se observaron cuatro especies al igual que en *Raddaus bocourti* y en el acocil ocho especies de ciliados. Los pereiópodos, fundamentales para la locomoción, generan corrientes de agua, están involucrados en la limpieza de apéndices bucales y otras superficies del cuerpo (cefalotórax y abdomen) y cuentan con una superficie amplia, lo que provee a los ciliados una cantidad de partículas nutritivas alrededor de ellos (Gerlach *et al.*, 1976) y una superficie amplia para colonizar.

El caparazón fue la región de los crustáceos más colonizada, en el cangrejo *P. montebelloensis* se observaron dos especies de ciliados, sobre *R. bocourti* se observó la presencia de cinco especies y sobre el acocil solo dos. El caparazón, debido a su amplia superficie, a la exposición de corrientes de agua y a que está menos expuesto a la fricción con el sedimento, facilita la protección de los ciliados.

Las diferencias en la distribución de los epibiontes en todo el cuerpo de los tres decápodos analizados, sugieren que los ciliados epibiontes no colonizan al azar, sino que el patrón de colonización de la epibiosis depende de una serie de características. Fernandez-Leborans y Gabilondo (2006) y Key *et al.* (1997), mencionaron que dichas características son la locomoción, la forma, el período de muda, el sexo y el comportamiento del crustáceo.

Respecto a la locomoción, sí el crustáceo es de movimientos lentos, las larvas de los epibiontes pueden adherirse con mayor facilidad, teniendo además menor fricción con el agua, permitiendo la adhesión de los epibiontes (Fernandez-Leborans y Gabilondo, 2006). La forma del cuerpo del basibionte puede proporcionar al epibionte áreas adecuadas para su adhesión, como áreas protegidas de la depredación y del medio en general (Key *et al.*, 1997), por ejemplo, los pereiópodos y pleópodos o ciertas protuberancias en el caparazón. La muda de los crustáceos interrumpe la colonización por epibiontes y el sexo también influye en la epibiosis, las hembras son más colonizadas por los epibiontes debido a que tienen un movimiento más lento en comparación con el macho. Además, las hembras son más vulnerables a la colonización por epibiontes después de la ovoposición o cuando están ovígeras, debido a que su metabolismo disminuye (Morado y Small, 1995). Lo anterior lo confirman los resultados de Hüseyin y Selcuk (2005) en los cuales se reporta la prevalencia de ciliados del género *Epistylis* en un 57.1% en hembras y 43% en machos del acocil *Astacus leptodactylus*.

7.3.2 Distribución de ciliados epibiontes en temporadas climáticas y en localidades

Green (1974) mencionó que la presencia de epibiontes puede fluctuar a lo largo de un ciclo anual y presentar variaciones estacionales o no mostrar ninguna variación. Se han documentado patrones de variación estacional en los ciliados epibiontes, por ejemplo, para los suctores los periodos con mayor abundancia y el aumento de la riqueza específica en las regiones templadas son en la primavera y en el otoño, mientras que en el verano la abundancia baja (Batisse, 1994). Estos resultados concuerdan, con respecto a la riqueza específica, con los de este estudio, ya que cinco especies de suctores epibiontes se registraron

en temporada de secas, que coinciden con el otoño e invierno y solamente dos especies de suctores se registraron en épocas de lluvias, que coinciden con el verano. También se han documentado variaciones estacionales de especies de los géneros *Epistylis* y *Zoothamnium*, como epibiontes de decápodos, con una mayor abundancia y aumento de la riqueza específica en el verano, en temporada de lluvias (Hudson y Lester, 1994). En este estudio, los resultados de las especies de *Epistylis* con respecto a la riqueza específica, difieren del realizado por Hudson y Lester (1994), al registrarse cinco especies de *Epistylis* en temporada de lluvias y siete en la temporada de secas. Para el género *Zoothamnium* se ha registrado mayor abundancia y aumento de la riqueza específica en temporada de lluvias (Hudson y Lester, 1994), como epibionte de los decápodos en los lagos de Montebello, se registró tanto en temporada de lluvias como de secas.

La riqueza específica de ciliados epibiontes en los lagos de Montebello entre las dos temporadas climáticas (lluvias y secas) no tuvo diferencias significativas, en la temporada de lluvias se registraron 23 especies de ciliados epibiontes, mientras que en la temporada de secas, se registraron 20 especies.

En lo que respecta a la distribución de ciliados epibiontes en las localidades, se compararon los cuatro sitios de muestreo mediante un análisis de similitud (Coeficiente de Jaccard) el cual dio como resultado un dendrograma jerárquico de agrupamiento de las localidades de colecta basado en la presencia-ausencia de los ciliados epibiontes. En este análisis se agrupa a los tres cuerpos de agua lóticos (Río Montebello, al Río Trece y al Río Once) y separa al cuerpo de agua léntico (Estanque Ya León), debido a la riqueza específica de ciliados encontrada en los cuerpos de agua, por lo que se puede inferir, que el tipo de basibiontes es un factor importante en la epibiosis de ciliados, sin embargo, no es el único factor, ya que también las características físicas y químicas de los cuerpos de agua, es decir el factor ambiental es determinante.

7.6 Parámetros físicos y químicos

De las cuatro localidades de muestreo, el Estanque Ya León presentó la mayor riqueza específica de ciliados epibiontes (13 especies), es un cuerpo de agua que carece de circulación al estar estancado, con acumulación de materia orgánica y poca oxigenación (5.67 mg/L en época seca y 6.57 mg/L en lluvias), características que pueden favorecer el establecimiento de comunidades de ciliados epibiontes; concentraciones de oxígeno por debajo de 5 mg/L se han catalogado como no favorables para las comunidades acuáticas (Chapman y Kimstach, 1992). Asimismo, el estanque proveyó la disponibilidad de sustrato orgánico para la fijación que ofrecen los basibiontes.

La concentración más alta de oxígeno disuelto se presentó en el Río Trece en la temporada de secas (14.06 mg/L), cuerpo de agua con una corriente constante. La temperatura más alta se registró en el Estanque Ya León en la temporada de lluvias (25.3 °C), en época seca y la temperatura más baja se presentó en el Río Montebello (19.45 °C). En lo que respecta a la conductividad, el Río Once presentó la medición más alta en lluvias y la más baja en secas (295 μ S/cm y 239 μ S/cm respectivamente).

El valor más alto de pH se registró en el Estanque Ya León en la temporada de secas (pH = 9) y el más bajo en el Río Once (pH = 6.9) en la temporada de lluvias; el pH de las cuatro localidades fue similar tanto en temporada de lluvias como de secas, lo cual puede deberse al origen del sistema acuífero de los lagos de Montebello, que se alimenta de aguas subterráneas con canales interconectados constituyendo un complejo lacustre de origen cárstico (CONAGUA, 2014).

Utilizando el índice de similitud (coeficiente de Pearson) para la comparación entre localidades con respecto a los datos físicos y químicos, se obtuvieron los dendrogramas jerárquicos para ambas temporadas, donde se observa una separación del Estanque Ya León de las demás localidades y una agrupación que incluyó a los ríos Montebello, Río Trece y Río Once; esta agrupación puede relacionarse con la concentración de oxígeno disuelto, ya que en el estanque no existe circulación de agua (cuerpo léntico artificial) por lo que presenta

una menor concentración de oxígeno disuelto comparada con los Ríos Montebello, Río Trece y Río Once, que son cuerpos lóticos naturales con una corriente de agua constante.

La riqueza específica de ciliados fue mayor en el Estanque Ya León (13 especies), seguida por el Río Trece (nueve especies), la cual no difiere del Río Montebello (ocho especies) y la localidad con menor riqueza específica de ciliados fue el Río Once (cuatro especies). A pesar de las diferencias entre el número de especies registradas en cada cuerpo de agua, los parámetros físicos y químicos fueron similares, lo que sugiere que los parámetros en este estudio no manifestaron una relación directa con la riqueza específica de ciliados epibiontes en los crustáceos.

La agrupación de las cuatro localidades con base en los datos de los parámetros físicos y químicos, una agrupación con base en la riqueza específica de ciliados epibiontes sobre los crustáceos y el análisis de correspondencia canónica permiten inferir que existen factores que pueden influir en la riqueza de especies de ciliados en los cuerpos de agua estudiados, por ejemplo, el ambiente (temporada climática y algunos parámetros físicos y químicos) y no depende solamente de los basibiontes o de la concentración de oxígeno disuelto. Estos posibles factores ambientales que influyeron en la riqueza específica de ciliados no fueron considerados en este estudio, lo que da pauta a ampliar este tipo de investigaciones, considerando el monitoreo más completo de la calidad del agua.

8. CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio son los primeros registros de la relación epibiótica entre protistas ciliados y crustáceos decápodos en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México.
- Se contribuye con cuatro nuevos registros de especies de ciliados para México y un primer registro mundial de epibiosis ciliado-crustáceo, *Epistylis hentscheli* (Ciliophora: Peritrichia) y *Procambarus (Austrocambarus) sp.* (Crustacea: Decapoda).
- Las quelas, los pereiópodos y el caparazón fueron los apéndices de los crustáceos más colonizados por los ciliados epibiontes.
- De las cuatro localidades, el Estanque Ya León presentó la mayor riqueza específica de ciliados epibiontes, esto puede explicarse por las características artificiales del cuerpo de agua.
- En los cuerpos de agua del Parque Nacional Lagunas de Montebello, la riqueza específica de ciliados epibiontes no presentó diferencias significativas entre la temporada de lluvias y la de secas.
- Los parámetros físicos y químicos en este estudio no reflejaron relación directa entre la riqueza específica de ciliados.

9. LITERATURA CITADA

- Abelló, P., Villanueva, R. & Gili, J. 1990. Epibiosis in deep sea crab populations as indicator of biological and behavioral characteristics of the host. *Journal of the Marine Biological Association*, 70:687-695.
- Adl, S., Simpson, A., Lane, C., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S., Brown, M., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D., Mcmanus, H., Mitchell, E., Mozley-Stanridge, S., Parfrey, L., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C., Smirnov, A. & Frederick, S. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59(5):429-493.
- Ahyong, S. T., Lowry, J. K., Alonso, M., Bamber, R. N., Boxshall, G. A., Castro, P., Gerken, S., Karaman, G. S., Goy, J. W., Jones, D. S., Meland, K., Rogers, D. C. & Svavarsson, J. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772 (165-191 p.). *In: Zhang, Z.-Q. (Ed.). Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa*, 3148:1-237.
- Aladro -Lubel, M. A. & Martínez-Murillo, M. 1999. Epibiotic protozoa (Ciliophora) on a community of *Thalassia testudinum* Banks ex König in a coral reef in Veracruz, México. *Aquatic Botany*, 65:239-254.
- Aladro -Lubel, M. A. & Sánchez-Calderón, G. 2005. Ciliados epibiontes de la vegetación sumergida y de los invertebrados de la Laguna de Tecocomulco. *In: Huizar-Álvarez, R., Jiménez-Fernández, E. & Juárez-López, C. (Eds.). La Laguna de Tecocomulco. Geo-Ecología de un Desastre. Publicación especial 3. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, p. 169-178.*
- Aladro -Lubel, M. A., Reyes-Santos, M., Olvera-Bautista, F. & Robles-Briones, M. N. 2007. Ciliados y otros protozoos. *In: Lot, A. (Coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización Ambiental e Inventario. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. México, p. 97-122.*

- Aladro -Lubel, M. A., Reyes-Santos, M. & Olvera-Bautista, F. 2009. Diversidad de los protozoos ciliados. *In: Lot, A. & Cano-Santana, Z. (Eds.). Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel.* Universidad Nacional Autónoma de México. México, p. 61-68.
- Álvarez, F. & Villalobos, J. L. 1997. Pseudothelphusidae y Trichodactylidae (cangrejos). *In: González, E., Dirzo, R. & Vogt, R. C (Eds.). Historia Natural de Los Tuxtlas.* Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, p. 415-418
- Álvarez, F., Villalobos, J. L. & Robles, R. 2005. Crustáceos. *In: Bueno, J., Álvarez F. & Santiago, S. (Eds.). Biodiversidad del Estado de Tabasco.* Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, p. 177-194.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L., Elías-Gutiérrez, M. & Rivera, G. 2011. Crustáceos dulceacuícolas y terrestres de Chiapas. *In: Álvarez, F. (Ed.). Chiapas. Estudio Sobre su Diversidad Biológica.* Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, p. 209-297.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L., Armendáriz, G. & Hernández, C. 2012. Relación biogeográfica entre cangrejos dulceacuícolas y acociles a lo largo de la zona mexicana de transición: reevaluación de la hipótesis de Rodríguez (1986). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83:1073-1083.
- Álvarez, F., Villalobos, J. L., Hendrickx, M., Escobar-Briones, E., Rodríguez-Almaraz, G. & Campos, E. 2014. Biodiversity of decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:208-219.
- Arellano-Contreras, U. & Jiménez-Salgado, E. 2011. *Evaluación Geológico- Estructural del Complejo Volcánico el Chichonal, Chiapas, Como Fuente de Energía Alterna. Los Humeros Puebla, México.* Asociación Geotérmica Mexicana. México, 23 p.
- Armendáriz, G. 2011. Patrones de distribución y riqueza de especies de los acociles (Decapoda: Cambaridae) de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 78 p.

- Batise, A. 1994. Sous-classe des Chonotrichia Wallengren, 1895. *In*: Grassé, P. P. (Ed.). *Traité de Zoologie*. Masson, Paris, p. 433-473.
- Becker, K., Hormchong, T. & Wahl, M. 2000. Relevance of crustacean carapace wettability for fouling. *Hydrobiologia*, 426:193-201.
- Bush, A., Fernández, J., Esch, G. & Seed, J. 2001. *Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge University Press. Cambridge, 566 p.
- Castro-Gutiérrez, F. 1985. Estudio de los protozoarios en un sistema de biodiscos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Copilco. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 98 p.
- Celis-Sánchez, J., Estrella-Canto, A., Poot-López, G., González-Salas, C y López-Rocha J. 2014. Seasonal abundance of crustaceans associated with artisanal fishery of blue crab (*Callinectes sapidus*) in Sisal, Yucatan, Mexico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 6:75-89.
- Chapman, D. & Kimtsach, V. 1992. Selection of water quality variables. *In*: Chapman, D. (Ed.). *Water Quality Assessments*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization, United Nations Environment. London, p. 59-126.
- Chávez-Ávila, S. M. 2010. Ciliados epibiontes de crustáceos braquiuros (Decapoda) de la zona de manglar del estero Tampamachoco, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 68 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2011. Parque Nacional Lagunas de Montebello: Estudio Para Monitorear los Parámetros de Calidad del Agua de las Lagunas Comunicadas con el Sistema Lagunar Tepancoapan, México. 77 p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2014. Portal en internet de la Comisión Nacional del Agua, disponible en <http://www.conagua.gob.mx/> [consultado el 06 de julio de 2016].

- Connell, J. H. & Keough, M. J. 1985. Disturbance and patch dynamics of subtidal marine animals on hard substrata. *In*: Pickett, S. & White, P. (Eds.). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press Inc., San Diego, p. 125-151.
- Curds, C. R. 1985a. A revision of the Suctoria (Ciliophora, Kinetofragminophora). 1. *Acineta* and its morphological relatives. *Bulletin of the British Museum of Natural History. Zoology*, 48:75-129.
- Curds, C. R. 1985b. A revision of the Suctoria (Ciliophora, Kinetofragminophora). 3. *Tokophrya* and its morphological relatives. *Bulletin of the British Museum of Natural History. Zoology*, 49(2):167-193.
- De Grave S., Pentcheff, N. D., Ahyong, S. T., Chan, T. Y., Crandall, K. A., Dworschak, P. C., Felder, D. L., Feldmann, R. M., Fransen, C. H. J. M., Goulding, L. Y. D., Lemaitre, R., Low, M. E. Y., Martin, J. W., Ng, P. K. L., Schweitzer, C. E., Tan, S. H., Tshudy, D. & Wetzer, R. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *Raffles Bulletin of Zoology*, Supplement No. 21:1-109.
- Díaz, H. & Rodríguez, G. 1977. The branchial chamber of some terrestrial and semiterrestrial crabs. *Biological Bulletin*, 153:485-504.
- Dobson, M., Magana, A., Lancaster, J. & Mathooko, J. 2007. A seasonality in the abundance and life history of an ecologically dominant freshwater crab in the Rift Valley, Kenya. *Freshwater Biology*, 52:215-225.
- 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(4):194-270.
- Dovgal, I. V. 2008. Micro-spatial structure of periphytonic communities: determinal factors. *Natura Montenegrina*, 7(3):117-123.

- Fernandez-Leborans, G. 2003. Ciliate-decapod epibiosis in two areas of the north-west Mediterranean coast. *Journal of Natural History*, 37:1655-1678.
- Fernandez-Leborans, G. 2006. Inter-annual variability of the epibiotic community on *Pagurus bernhardus* from Scotland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1-2):3554.
- Fernandez-Leborans, G. 2010. Epibiosis in Crustacea: an overview. *Crustaceana*, 83(5):549-640.
- Fernandez-Leborans, G. & Tato-Porto, M. 2000a. A Review of the Species of Protozoan Epibionts on Crustaceans. I. Peritrich Ciliates. *Crustaceana*, 73(6):643-683.
- Fernandez-Leborans, G. & Tato-Porto, M. 2000b. A Review of the Species of Protozoan Epibionts on Crustaceans. II. Suctorian Ciliates. *Crustaceana*, 73(10):1205-1327.
- Fernandez-Leborans, G. & Gabilondo, R. 2006. Taxonomy and distribution of the hydrozoan and protozoan epibionts on *Pagurus bernhardus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda) from Scotland. *Acta Zoologica*, 87(1):33-48.
- Fernandez-Leborans, G., Cordoba, M. & del Arco, P. 1997. Distribution of ciliate epibionts on the portunid crab *Liocarcinus depurator* (Decapoda, Brachyura). *Invertebrate Biology*, 116(3):171-177.
- Flores-Flores, M. 2012. Estudio taxonómico de protozoos de vida libre (ciliados, rizópodos y euglenoideos) de un manantial y una caída de agua del Estado de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 81 p.
- Foissner, W. 2014. An update of “basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa”. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64:271-292.
- Gallegos-Neyra, E., Sánchez-Rodríguez, M., Calderón-Vega, A. & Lugo-Vázquez, A. 2009. Diversidad de protozoos. In: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López-Cano, R.,

- Quintanar, M., Collado, E. & San Román, J. (Eds.). *La Diversidad Biológica del Estado de México*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, CONABIO y la Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. 530 p.
- García-Santana, C. 2000. Calidad del agua y presencia de protozoarios ciliados en un filtro biológico anaerobio. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 80 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie de libros. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 98 p.
- Gerlach, S. A., Ekstrøm, D. K. & Eckardt, P. B. 1976. Filter feeding in the hermit crab, *Pagurus bernhardus*. *Oecologia*, 24:257-264.
- Gili, J., Abelló, P. & Villanueva, R. 1993. Epibionts and intermolt duration in the crab *Bathynectes piperitus*. *Marine Ecology Progress Series*, 98:107-113.
- Gower, J. 1967. A comparison of some methods of cluster analysis. *Biometrical Journal*, 23:623-637.
- Green, J. 1974. Parasites and epibionts of Cladocera. *Zoological Society of London*, 32:417-515.
- Hamilton, J. 1952. Studies on Loricata Ciliophora. I. *Cothurnia variabilis* Kellicott. *Transactions of the American Microscopical Society*, 71(4):382-392.
- Herróz-Zamorano, A. 1998. Protozoos ciliados ectoparásitos (piel y branquias) de peces de la familia Cyprinidae cultivados en el Centro Acuícola Morelos de Zacapu, Michoacán. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 214 p.
- Hobbs, H. 1991. Decapoda. In: Thorp, J. & Covich, A. (Eds.). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press. New York, p. 823-58.

- Holthuis, L. B. 1986. The freshwater crayfish of New Guinea. *Freshwater Crayfish*, 6:48-58.
- Hudson, D. A. & Lester, R. J. 1994. A parasitological survey of the mud crab *Scylla serrata* (Forskål) from southern Moreton Bay, Queensland, Australia. *Aquaculture*, 120:183-199.
- Hüseyin, S. & Selcuk, B. 2005. Prevalence of *Epistylis* sp. Ehrenberg, 1832 (Peritrichia, Sessilida) on the Narrow-clawed Crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) from Manyas Lake in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4:789-793.
- Jankowski, A. 1973. *Fauna of the USSR: Infusoria subclass Chonotrichia*. Akademiya Nauk. Leningrad, 355 p.
- Kahl, A. 1935. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). 4. Peritricha und Chonotricha. In: Dahl, F. (Ed.). *Die Tierwelt Deutschlands*, 30:651-805.
- Key, J., Volpe, W., Jeffries, W. & Voris, H. 1997. Barnacle fouling of the blue crab *Callinectes sapidus* at Beaufort, North Carolina. *Journal of Crustacean Biology*, 17:424-439.
- Legendre, L. & Legendre P. 1983. Partitioning ordered variables into discrete states for discriminant analysis of ecological classifications. *Canadian Journal of Zoology*, 61:1002-1010.
- López-Mejía, M. 2008. Sistemática de los acociles de México. In: Álvarez, F. & Rodríguez-Almaraz G. A. (Eds.). *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento*. Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 115-165 p.
- López-Ochoterena, E. 1963. Protozoarios ciliados de México. IX. Notas sobre la morfología de *Acineta tuberosa* Ehrenberg, 1833 (Protozoa, Suctorida). *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 6(1-2):77-83.

- López-Ochoterena, E. 1964. Protozoarios ciliados de México. XII. *Euplotes trisulcatus* Kahl, 1932 (Protozoa, Ciliata), colectado en aguas dulces del Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 13:67-72.
- López-Ochoterena, E. 1965. Ciliados mesosapróbicos de Chapultepec (Sistemática, morfología, ecología). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 26:115-246.
- López-Ochoterena, E. 1992. Relación taxonómica de las especies de protozoarios conocidas del Lago de Chapultepec, D. F. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 43:57-62.
- López-Ochoterena, E. & Roure-Cané, E. 1970. Lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 31:23-68.
- López-Ochoterena, E. & Ochoa-Gasca, E. 1971. Protozoarios ciliados de México. XVII. Algunos aspectos biológicos de veinte especies epizoicas del crustáceo *Cambarellus montezumae zempoalensis* Villalobos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 13(3):221-231.
- López-Ochoterena, E. & Madrazo-Garibay, M. 1989. Protozoarios ciliados de México. XXXIII. Estudio biológico de algunas especies de las Subclases Suctorina y Peritrichia, asociados al hidrozooario *Cordylophora caspia* (Pallas) en la laguna de Mandinga, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 40:65-70.
- López-Téllez, A., Vidal-Martínez, V. & Overstreet, R. 2009. Seasonal variation of ectosymbiotic ciliates on farmed and wild shrimps from coastal Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, 287:271-277.
- Luna-Pabello, V. 1987. Estudio de los protozoarios ciliados presentes en un sistema de tratamiento por medio de biodiscos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 86 p.

- Luna-Pabello, V. 1990. Efectos de la temperatura en las poblaciones de protozoarios ciliados en un reactor de biodiscos. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 125 p.
- Luna-Pabello, V. 1993. Estudio comparativo de las poblaciones de protozoarios ciliados de un reactor de biodiscos alimentado con diferentes sustratos. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 134 p.
- Luna-Pabello, V., Aladro -Lubel, M. A. & Durán de Bazúa, C. 1990. *Efecto de la temperatura en las Poblaciones de Protozoarios Ciliados en un Reactor de Biodiscos*. Programa de Ingeniería y Química Ambiental, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 115 p.
- Luna-Pabello, V., Aladro -Lubel, M. A. & Durán de Bazúa, C. 1994. *Efecto del Sustrato Sobre las Poblaciones de Ciliados en un Reactor de Biodiscos: Casos Tipo Nejayote, Vinazas y Aguas Blancas de Papel*. Serie: Química Ambiental del Agua. Vol. 3. Programa de Ingeniería y Química Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 227 p.
- Lynn, D. H. 2008. *The Ciliated Protozoa. Characterization, Classification and Guide to the Literature*. Springer Science. Canada. 605 p.
- Lynn, D. H. & Gilron, D. L. 1992. A brief review of approaches using ciliated protists to assess aquatic ecosystem health. *Journal of the Aquatic Ecosystem Health*, 1:263-270.
- Macek, M., Peštová, D. & Martínez-Pérez, M. 2008. Seasonal and spatial dynamics of a ciliate assemblage in a warm-monomictic Lake Alchichica (Puebla, Mexico). *Hidrobiológica*, 18:25-35.
- Madrazo-Garibay, M., López-Ochoterena, E., Rico-Ferrat, G. & Serrano-Limón, G. 1990. Especies del phylum Ciliophora asociadas a animales silvestres, estudiadas en México. III. Relación taxonómica y bibliográfica. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, 61(3):449-456.

- Mariño-Pérez, R., Dovgal, I. V. & Mayén-Estrada, R. 2011. New records of suctorians (Ciliophora, Suctoria) as epibionts of aquatic true bugs (Hemiptera: Prosorrhyncha: Nepomorpha) from two regions: Mexico and Eastern Europe. *Zootaxa*, 2798:48-60.
- Martínez-Castellanos, R. 2005. *Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas*. Informe técnico. Colegio de la Frontera Sur. 22 p.
- Martínez-Murillo, M. 1997. Ciliados asociados a la vegetación sumergida y a las raíces de mangle en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 264 p.
- Martínez-Murillo, M. & Aladro -Lubel, M. A. 1994. Ciliados asociados al pasto marino *Halodule beaudettei* en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, 65(1):11-18.
- Martínez-Murillo, M. & Aladro -Lubel, M. A. 1996. Ciliados sésiles epibiontes de algas en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Tropical Ecology*, 37(2):265-272.
- Matthes, D., Guhl, W. & Haider, G. 1988. *Suctoria und Urceolariidae (Peritricha)*. Gustave Fischer Verlag. Stuttgart. New York. 309 p.
- Mayén-Estrada, R. 1997. Ciliados asociados a *Cambarellus patzcuarensis* Villalobos 1943, del Lago de Pátzcuaro Michoacán. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 238 p.
- Mayén-Estrada, R. & Aladro -Lubel, M. A. 1998. Tres especies de suctores (Protozoa: Ciliophora) ectosimbiontes del acocil *Cambarellus patzcuarensis*. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, 69(1):1-12.
- Mayén-Estrada, R. & Aladro -Lubel, M. A. 2000. First Record of *Lagenophrys dennisi* (Ciliophora: Peritrichia) on the crayfish *Cambarellus patzcuarensis*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 47(1):57-61.

- Mayén-Estrada, R. & Aladro -Lubel, M. A. 2001. Epibiont peritrichids (Ciliophora: Peritrichida: Epistylididae) on the crayfish *Cambarellus patzcuarensis* in Lake Pátzcuaro, Michoacán, Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 21(2):426-434.
- Mayén-Estrada, R. & Aladro -Lubel, M. A. 2002. Distribution and prevalence of 15 species of epibiont peritrich ciliates on the crayfish *Cambarellus patzcuarensis* Villalobos, 1943 in lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Crustaceana*, 74:1213-1224.
- Mayén-Estrada, R. & Aladro -Lubel, M. A. 2004. First record of *Conidophrys pilisuctor* (Ciliophora: Pilisuctorida) as ectosymbiont of *Hyalella azteca* from Mexico. *Hydrobiologia*, 529:19-26.
- Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M. & Aguilar-Aguilar, R. 2014. Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl., 85:34-43.
- Molina-Garza, Z. J. 1989. Ciliados epibiontes (Protozoa) en *Procambarus clarkii* (Crustacea: Cambaridae) procedentes del centro de investigación y producción acuícola Salinillas, Municipio de Anáhuac, Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 50p.
- Morado, J. & Small, E. 1995. Ciliate parasites and related diseases of Crustacea, a review. *Reviews in Fisheries Science*, 3:275-354.
- Moreno-Rodríguez, G. 1985. Análisis de protozoarios en un sistema de biodiscos empleado en la planta de tratamiento en C.U. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 89 p.
- Nenninger, U. 1948. Die Peritrichen der Umgebung von Erlangen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtsspezifität. *Zoologische Jahrbücher*, 77:169-266.
- Nyström, P., Brönmark, C. & Granéli, W. 1999. Influence of an exotic and a native crayfish species on a littoral benthic community. *Oikos*, 85:545-553.
- Ochoa-Gasca, M. 1969. Contribución al conocimiento de la fauna epizoica (Protozoa, Ciliata) del crustáceo *Cambarellus montezumae zempoalensis* Villalobos. Tesis de

- Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 58 p.
- Olvera-Bautista, J. 2014. Ciliados epibiontes de algas de sustratos rocosos de Zihuatanejo, Guerrero y Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 161 p.
- Rallo, A., García-Arberas, L. & Antón, A. 2001. Relationships between changes in habitat conditions and population density of an introduced population of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a fluvial system. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 361:643-657.
- Reyes-Santos, M. 2001. Taxonomía y distribución de los ciliados epibiontes de *Phyllospadix* en la costa occidental de Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.
- Rice, P. & Armitage, K. 1974. The effect of photoperiod on oxygen consumption of the crayfish *Orconectes nais*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 47(A):261-270.
- Rico-Ferrat, G. & López-Ochoterena, E. 1986. Protozoarios ciliados de México. XXIII. Frecuencia de algunas especies que habitan en el drenaje doméstico. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 38:77-79.
- Rivera, F., Castro, F., Moreno, G., Lugo, A., Gallegos, E. & Norouzian, M. 1988. Protozoa of a rotating biological contactor treatment plant in Mexico. *Water, Air and Soil Pollution*, 42:281-301.
- Rodriguez, G. 1982. Les crabes d'eau douce d'Amérique: Famille des Pseudothelphusidae. Centro de Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones. L'office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, París. 146 p.
- Rodríguez, G. & Smalley, A. E. 1969. Los cangrejos de agua dulce de México de la familia Pseudothelphusidae (Crustacea, Brachyura). *Anales del Instituto de Biología*

Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Ciencias del Mar y Limnología, 1:69-112.

- Rodríguez-Rodríguez, R. 1996. Aspectos microbiológicos de un reactor de película biológica denominado "Biocinta". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.
- Romero-Niembro, V. M. 2016. Aspectos taxonómicos de ciliados epibiontes de invertebrados acuáticos en los lagos de Chalco y Xochimilco del sur de la ciudad de México, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 60 p.
- Rosas-Hernández, M. 2012. Distribución de los crustáceos decápodos de agua dulce de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 65 p.
- Roure-Cané, M. 1969. Contribución al conocimiento de los protozoarios (Ciliata: Suctorida) del lago de Xochimilco, D. F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 31 p.
- Schembri, P. J. 1982. Feeding behaviour of fifteen species of hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Anomura) from the Otago region, southeastern New Zealand. *Journal of Natural History*, 16:859-878.
- Serrano-Limón, G. & López-Ochoterena, E. 1992. Análisis sistemático del grupo de protozoarios estudiados del Lago de Xochimilco, D.F. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 43:63-69.
- Sigala-Regalado. I. 2011. Diversidad de protozoos ciliados en cinco biotopos en cuevas de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 129 p.
- Sokoloff, D. 1936. Análisis hidrobiológico del manantial de La Mora de Actopan, Hidalgo. Ciliata, Flagellata, Rhizopoda. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 7:287-303.

- Stern, S. & Cohen, D. 1982. Oxygen consumption and ammonia excretion during the molt cycle of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73(A):417-419.
- Stiller, J. 1971. Szájkoszorús Csillósdk-Peritricha. *Fauna Hung*, 105:1-245.
- Toledo-Trejo, E. 2007. Presencia y distribución de amibas y ciliados en el sistema de lodos activados de Ciudad Universitaria. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores-Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 75 p.
- Threlkeld, S.T., Chiavelli, D. A. & Willey, R. L. 1993. The organization of zooplankton epibiont communities. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(9):317-321.
- Utz, L. & Coats, W. 2005. Spatial and temporal patterns in the occurrence of peritrich ciliates as epibionts on calanoid copepods in the Chesapeake Bay, USA. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52:236-244.
- Utz, L., Coats, W. & Small, E. 2002. Induction of telotroch formation in the peritrich epibionts *Zoothamnium* spp. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 49:1-6.
- Vidal-Martínez, V. M., Jiménez-Cueto, A. M. & Simá-Álvarez, R. 2002. Parasites and symbionts of native and cultured shrimps from Yucatán, Mexico. *Journal of Aquatic Animal Health*, 14:57-64.
- Villalobos-Figueroa, A. 1955. Cambáridos de la Fauna Mexicana (Crustacea, Decapoda). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 290 p.
- Villalobos, J. L. & Álvarez, F. 1997. Pseudothelphusidae y Trichodactylidae (cangrejos). In: González, E., Dirzo, R. & Vogt, R. C (Eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 415-418.
- Villalobos, J. L. & Álvarez, F. 2008. Los cangrejos de agua dulce de la familia Pseudothelphusidae (Decapoda: Brachyura: Eubrachyura) de México, con un apéndice de las especies citadas para América hasta 2006. In: Álvarez, F. & Rodríguez-Almaraz,

- G. (Eds.). *Crustáceos de México: Estado Actual de su Conocimiento*. Universidad Autónoma de Nuevo León/ PROMEP-SEP, México, D. F. p. 239-299.
- Villalobos, J. L., Álvarez, F., Hernández, C., Lanza-Espino, G. & González-Mora, D. 2010. Decapod crustaceans from Copalita, Zimatán and Coyula basins, in Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81:99-111.
- Wahl, M. 1989. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, 58:175-189.
- Wahl, M. 2008. Ecological lever and interface ecology: epibiosis modulates the interactions between host and environment. *Biofouling*, 24(6):27-38.
- Wahl, M. & Mark, O. 1999. The facultative nature of epibiosis: experimental and observational evidence. *Marine Ecology Progress Series*, 187:59-66.
- Warren, A. 1986. A revision of the genus *Vorticella* (Ciliophora: Peritrichida). *Bulletin of the British Museum of Natural History. Zoology*, 50(1):1-57.
- Warren, A. & Paynter, P. 1991. A revision of *Cothurnia* (Ciliophora Peritrichida) and its morphological relatives. *Bulletin of the British Museum of Natural History. Zoology*, 57(1):17-59.
- Weissman, P., Lonsdale, D. & Yen, J. 1993. The effect of peritrich ciliates on the production of *Acartia hudsonica* in Long Island Sound. *Limnology and Oceanography*, 38:613-622.
- Witt, C., Rangin, C., Andreani, L., Olaez, N. & Martínez, J. 2011. The transpressive left-lateral Sierra Madre de Chiapas and its buried front in the Tabasco plain (Southern Mexico). *Journal of the Geological Society*, 169:143-155.
- Xu, Z. & Burns, C. 1991. Effects of the epizoic ciliate, *Epistylis daphniae*, on growth, reproduction and mortality of *Boeckella triarticulata* (Thomson) (Copepoda: Calanoida). *Hydrobiologia*, 209:183-189.