



Ciliados (Alveolata: Ciliophora) en los ecosistemas de manglar de México

Ciliates (Alveolata: Ciliophora) from mangrove ecosystems in Mexico

Rosaura Mayén-Estrada¹, Carlos Alberto Durán-Ramírez^{1*}, Víctor Manuel Romero-Niembro²
y Fernando Olvera-Bautista³

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Biología Comparada. Facultad de Ciencias. Laboratorio de Protozoología. Coyoacán, Ciudad de México, México.

² Aldea Verde. El Carrizal, Santiago de Querétaro, México.

³ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Coyoacán, Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: carlosduran_88@ciencias.unam.mx

RESUMEN

Los manglares son ecosistemas en los que se han documentado comunidades de protistas heterótrofos en el medio acuático, así como simbios de algunas especies de flora y fauna. Dentro de estos protistas se encuentran los ciliados (phylum Ciliophora, en el clado Alveolata). El conocimiento de la biodiversidad de ciliados que habitan en los sedimentos, en la columna de agua, así como simbios de algas, plantas y animales en los manglares mexicanos es parcial, si se considera su extensión en los litorales de México. El objetivo del presente trabajo fue compilar, analizar y validar la información taxonómica y de distribución de las especies de ciliados que habitan en los ecosistemas de manglar de México. A partir de una revisión bibliográfica de la literatura disponible hasta la fecha, se documentó un total de 293 especies de ciliados agrupados en 151 géneros desde el año 1967 hasta el año 2022. Las especies registradas se distribuyen en manglares de los estados de Campeche, Guerrero, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Veracruz y Yucatán. Veracruz con 200 especies, que equivale a 68% del total de especies registradas en el presente estudio, fue la entidad del país en donde se ha documentado la mayor riqueza específica de ciliados en manglares. En cuanto a su forma de vida, se catalogaron como especies de vida libre tanto bentónicas como planctónicas y simbios de invertebrados, algas y plantas acuáticas. Se concluye que el conocimiento de las comunidades de ciliados en los manglares mexicanos es aún incompleto.

PALABRAS CLAVE: bentónicas, epibiontes, heterótrofos, planctónicos, psamófilos, simbios.

ABSTRACT

Mangroves are ecosystems where communities of heterotrophic free-living and symbiotic species of protists of the flora and fauna have been recorded. Ciliates (Phylum Ciliophora, clade Alveolata) are among these protists. The knowledge about the biodiversity of ciliates that inhabit the sediments, water column, and symbionts of algae, plants, and animals in Mexican mangroves remains incomplete about their extension along the Mexican coastline. The objective of this study was to compile, analyze, and to update the taxonomical and distributional information of ciliate species that inhabit in Mexican mangrove ecosystems. We reviewed all the available literature until now. A total of 293 species of ciliates grouped in 151 genera have been recorded since the year 1967 to 2022. All recorded species were distributed in mangroves from the states of Campeche, Guerrero, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Veracruz, and Yucatán. Veracruz, with 200 records, that is 68% of the total number of ciliate species in this study, was the state with the highest species richness of ciliates from mangroves in the country. Species were categorized as free-living including benthic and planktonic, and symbionts of invertebrates, algae, and plants. We concluded that the knowledge of ciliates that inhabit in Mexican mangroves is incomplete.

KEYWORDS: benthic, epibionts, heterotrophic, planktonic, psammophilous, symbionts.

INTRODUCCIÓN

Los ciliados son protistas heterótrofos clasificados dentro del phylum Ciliophora perteneciente al clado Alveolata (Lynn, 2008; Adl et al. 2019). Su biodiversidad incluye cerca de 1100 géneros y más de 8000 especies descritas. Poseen cilios arreglados generalmente en filas denominadas cinetias, un dimorfismo nuclear con dos tipos de núcleos (micronúcleo y macronúcleo) y llevan a cabo un proceso de intercambio de material genético denominado conjugación. Son heterótrofos (fagótrofos u osmótrofos), se alimentan primordialmente de bacterias, algas y otros protistas de menor talla, mientras que algunas especies son mixotróficas (Lynn 2008, 2017). Las formas de vida libre habitan en ambientes marinos, dulceacuícolas y salobres, así como en ambientes terrestres, y los simbioses se asocian generalmente a metazoos, algas y plantas (Lynn 2008; Mayén-Estrada et al., 2014). Hasta la fecha, en México se han registrado poco más de 1000 especies de ciliados (Mayén-Estrada et al. 2020).

Sin embargo, el conocimiento de la biodiversidad de ciliados que habitan entre los sedimentos, en la columna de agua, así como simbioses de algas, plantas y animales de los manglares de México es parcial, si se considera su extensión en los litorales de México.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo fue compilar la información existente de los ciliados que habitan como formas de vida libre y simbioses en los ecosistemas de manglar de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo la revisión bibliográfica de publicaciones científicas, capítulos de libros, tesis e informes científicos que incluyen registros de los ciliados de los manglares de México que habitan en los sedimentos, y de las formas planctónicas y simbioses de metazoos, algas y plantas acuáticas. Los registros incluyen tesis de licenciatura y posgrado, artículos, reportes de proyectos gubernamentales y libros especializados, tanto en versión impresa como digital. Se hicieron búsquedas en índices y bases de datos

como *Web of Science*, *Scopus*, *Wiley*, *Dialnet*, *Scielo*, *Latindex*, *Redalyc* y *Google Scholar* y repositorios de instituciones como Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad de Guadalajara, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Se cotejó y actualizó el estatus taxonómico para cada género y especie consultando a Aescht (2001), Lynn (2008) y Mayén-Estrada et al. (2020). Se documentó el ambiente y forma de vida (vida libre o simbiote), los hospederos y/o sustratos en el caso de simbioses, así como las localidades y referencias bibliográficas de registro para cada especie, ordenadas alfabéticamente. Asimismo, se compiló la información ambiental disponible para cada localidad y se elaboró un mapa indicando la ubicación geográfica donde se han registrado especies de ciliados en estos ecosistemas tomando como base el mapa de distribución de los manglares en México de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio] (2021).

RESULTADOS

Se recopilaron los datos de 293 especies de protistas ciliados incluidas en 150 géneros (Material complementario) que abarcan el periodo de los años 1967 a 2022. Estas especies fueron identificadas en 13 localidades de los estados de Campeche, Guerrero, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Veracruz y Yucatán (Fig. 1-3). De ellos, el estado de Veracruz, con 200 especies, fue la entidad en la cual se registró la mayor riqueza específica. En cuanto a su forma de vida, 182 son especies de vida libre y 112 son simbioses (Material complementario, Fig. 4) en sustratos vegetales y animales (invertebrados). De las especies de vida libre, 20 son planctónicas y 163 son habitantes de los sedimentos.

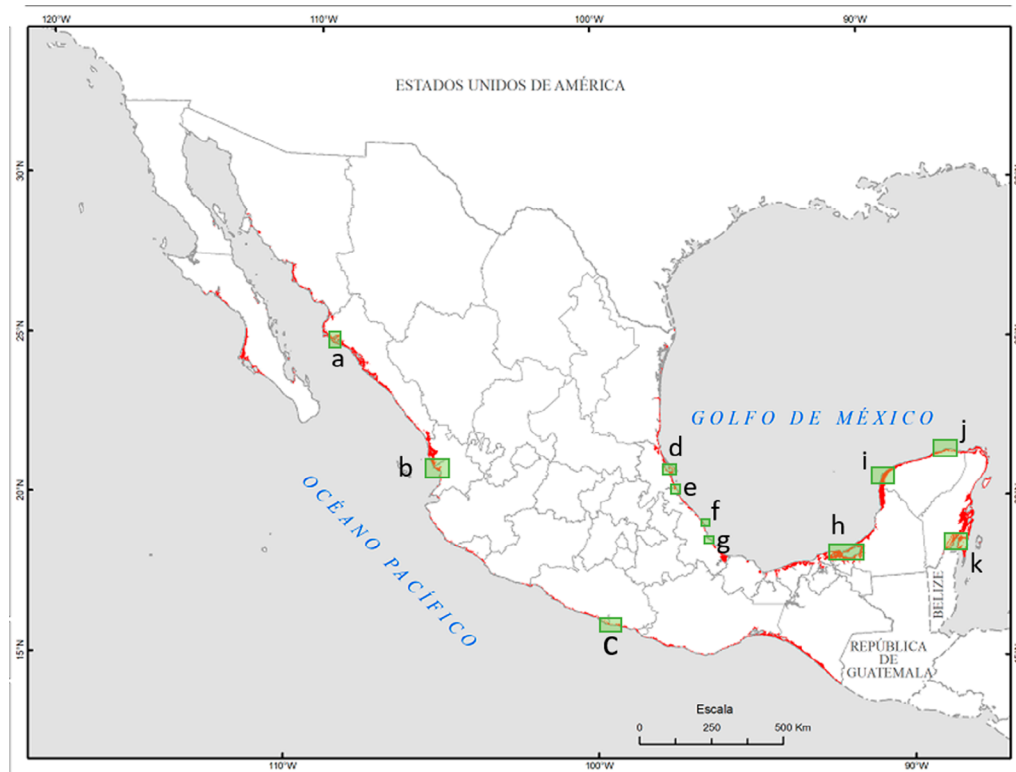


FIGURA 1. Localidades con registros de especies de ciliados en los ecosistemas de manglar de México.

a = Complejo Costero de San Ignacio Navachiste-Macapule; b = La Tobará, San Blas; c = Laguna de Chautengo; d = Laguna de Tamiahua; e = Laguna de Tampamachoco; f = Laguna de La Mancha; g = Laguna de Mandinga; h = Sistema fluvio-lagunar Astata-Pom y Laguna de Términos; i = Celestún; j = Ría Lagartos; k = Cayuco-Maya, Laguna de Bacalar. Modificado de Conabio (2021).

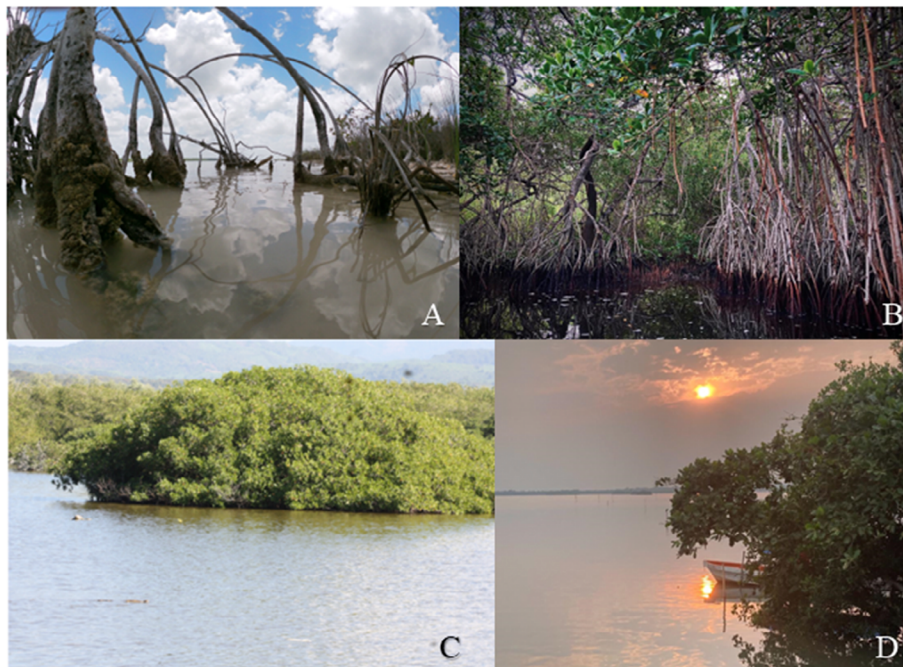


FIGURA 2. Algunos ecosistemas de manglar mencionados en el presente estudio.

A. Cayuco Maya, Laguna de Bacalar, con presencia de *Rhizophora mangle*; B. Laguna de Tampamachoco; C. San Blas, Nayarit; D. Laguna de Mandinga. Créditos de las imágenes: A, B y D: CADR; C: G. Delgadillo-Quezada.

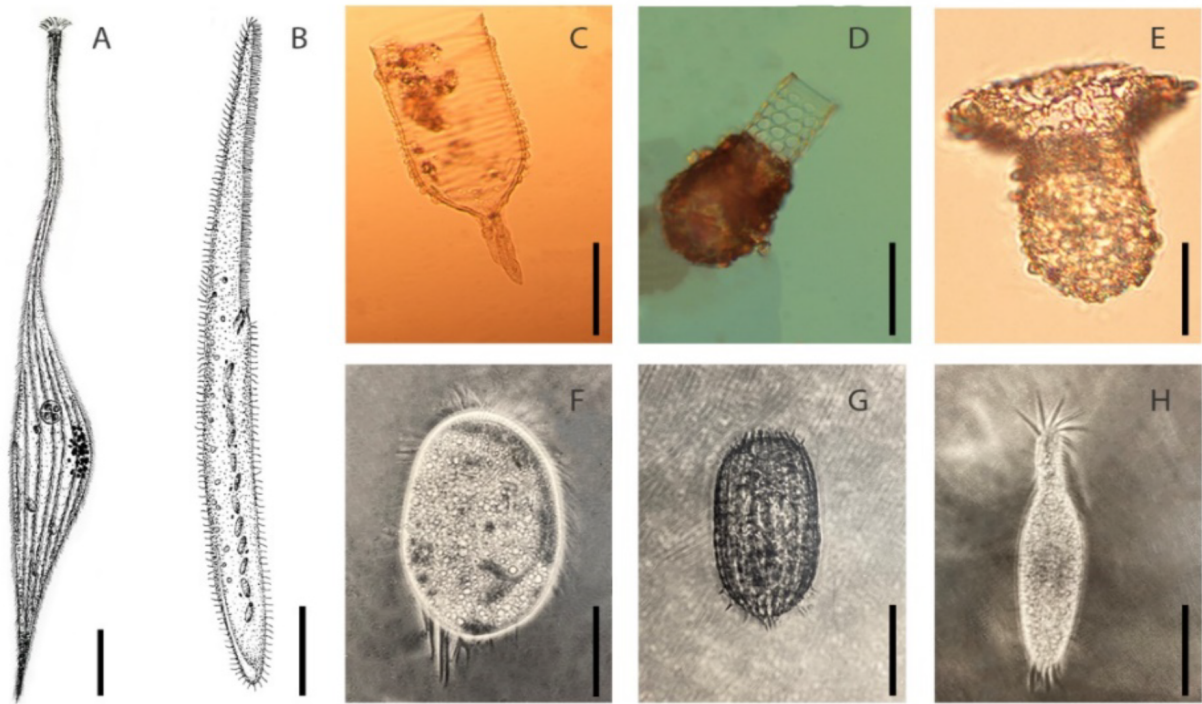


FIGURA 3. Ejemplos de ciliados de vida libre de los ecosistemas de manglar en México.

A. *Trachelocerca gracilis* Dragesco, 1960; B. *Anigsteinia oligonucleata* Isquith y Repak, 1974; C. *Favella ehrenbergii* (Claparède y Lachmann, 1858); D. *Codonellopsis ostenfeldi* (Schmidt, 1901); E. *Tintinnopsis mortensenii* Schmidt, 1901; F. *Euplotes balteatus* (Dujardin, 1841); G. *Coleps* sp.; H. *Trachelostyla pediculiformis* (Cohn, 1866). Créditos de las imágenes: A y B: Ilustraciones de H. López-Camarillo; C-E: Cortesía de D. Rojas-Sánchez; F-H: Cortesía de R. Mayén-Estrada. C-H, microfotografías en vivo. Escala: A-C: 50 µm, D: 80 µm; E: 15 µm; F, G: 25 µm; H: 50 µm.

Las especies simbiotes incluyen formas epibiontes y endosimbiontes. En sustratos vegetales, 47 especies fueron identificadas como epibiontes de algas pardas, verdes y rojas, 54 como epibiontes en las raíces de *Rhizophora mangle* y 49 en el pasto *Halodule beaudettei*. Como epibiontes de invertebrados, se registraron ocho especies en cangrejos de las especies *Armases cinereum*, *A. ricordi*, *Eurytium limosum*, *Panopeus lacustris* y *Uca vocator*, mientras que en los camarones *Penaeus brasiliensis* y *P. setiferus* se registraron dos especies de ciliados, y en el hidrozoo *Cordylophora caspia* 23 especies. En bivalvos, se identificaron 34 especies como endosimbiontes de las especies de ostiones *Crassostrea rhizophorae* y *C. virginica*, y las especies de almejas *Polymesoda caroliniana*, *Rangia cuneata* y *R. flexuosa* (Material complementario, Fig. 4).

De acuerdo con los datos presentados en el material complementario de este artículo, la localidad en la que se ha registrado la mayor riqueza de ciliados fue la laguna de

Tamiahua, Veracruz con 117 especies. Para el estado de Campeche, en el Sistema fluvio-lagunar Atasta-Pom se registraron 16 especies, en la laguna Pom siete especies y en la laguna de Términos 66 especies. En Nayarit, La Tobará, San Blas hay 36 especies identificadas. En Veracruz, en la laguna de Mandinga el registro es de 73 especies, en la laguna de La Mancha se identificaron 28 especies y en el estero de Tampamachoco hay un registro de 21 especies. Algunas localidades cuentan con registros aislados, como la laguna de Chautengo en el estado de Guerrero con ocho especies y, el manglar Cayuco Maya dentro de la laguna de Bacalar, Quintana Roo con dos especies. Con una sola especie registrada se encuentra el complejo costero de San Ignacio Navachiste-Macapule en Sinaloa y Celestún y Ría Lagartos en Yucatán. En la tabla 1 se presentan los intervalos de parámetros fisicoquímicos de algunas de las localidades referidas en el presente estudio.



TABLA 1. Datos ambientales registrados en las localidades de estudio.

Localidad	Estado	Referencias	Especies de mangle	Temperatura del agua (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Conductividad (µs/cm)	Salinidad (ups)	Formas de vida
Laguna de Bacalar	Quintana Roo	Cruz-Jiménez (2022)	<i>Rhizophora mangle</i>	27.7 - 33.1	2.7 - 5.3	7.0 - 8.5	2 013 - 2 147	-	VL (PI)
Celestún	Yucatán	López-Téllez et al. (2009)	-	-	-	-	-	-	S (Ep)
Complejo Costero de San Ignacio Navachiste-Macapule	Sinaloa	Hakspiel-Segura (2009)	-	16.5 - 32.6	6.1 - 7.9	7.6 - 8.2	-	33 - 40	VL (PI)
Laguna de Chautengo	Guerrero	Bulit y Díaz-Ávalos (2009); Bulit et al. (2009)	-	27.4 - 31.6	-	-	-	0 - 34	VL (PI)
Laguna de La Mancha	Veracruz	Mayén-Estrada (1979); Mayén-Estrada y Aladro-Lubel (1987)	-	22 - 35	-	6.0 - 7.0	-	20 - 35	VL (Be)
Laguna de Mandinga	Veracruz	Aladro-Lubel (1967); Aladro-Lubel y López-Ochoterena (1967); Aladro-Lubel et al. (1986); López-Ochoterena y Madrazo-Garibay (1989)	-	-	-	-	-	-	VL (Be, PI)
Laguna de Tamiahua	Veracruz	Martínez-Murillo (1997); Martínez-Murillo y Aladro-Lubel (1994; 1996; 1999); Mayén-Estrada y Aladro-Lubel (1994); Picaso-Hernández (1991)	<i>R. mangle</i>	21 - 28	-	6.5 - 8.0	-	16 - 40	S (Ep), VL (Be)
Laguna de Términos	Campeche	Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1985a; b; 1986b)	-	-	-	-	-	-	VL (Be), S (En)
Laguna de Tampamachoco	Veracruz	Chávez-Ávila (2010); Rojas-Sánchez (2015)	<i>R. mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Conocarpus erectus</i> y <i>Avicennia germinans</i>	26.4	-	7.9 - 9.1	-	30.2	VL (PI), S (Ep)
Ría Lagartos	Yucatán	López-Téllez et al. (2009)	-	-	-	-	-	-	S (Ep)
La Tobará, San Blas	Nayarit	Sánchez-Calderón (1981)	-	28 - 32	-	7 - 8.0	-	2.0 - 19	VL (Be)
Sistema fluvio-lagunar Atasta-Pom	Campeche	Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1986a; 1988a; b)	-	23 - 26	-	7.3 - 7.4	-	0	S (Pa)

Forma de vida y entre paréntesis el ambiente o sustrato de registro de las especies de ciliados en ecosistemas de manglar en México: Be = bentónicos, Ep = epibiontes, En = endosimbiontes, PI = planctónicos, VL = vida libre, S = simbioses.

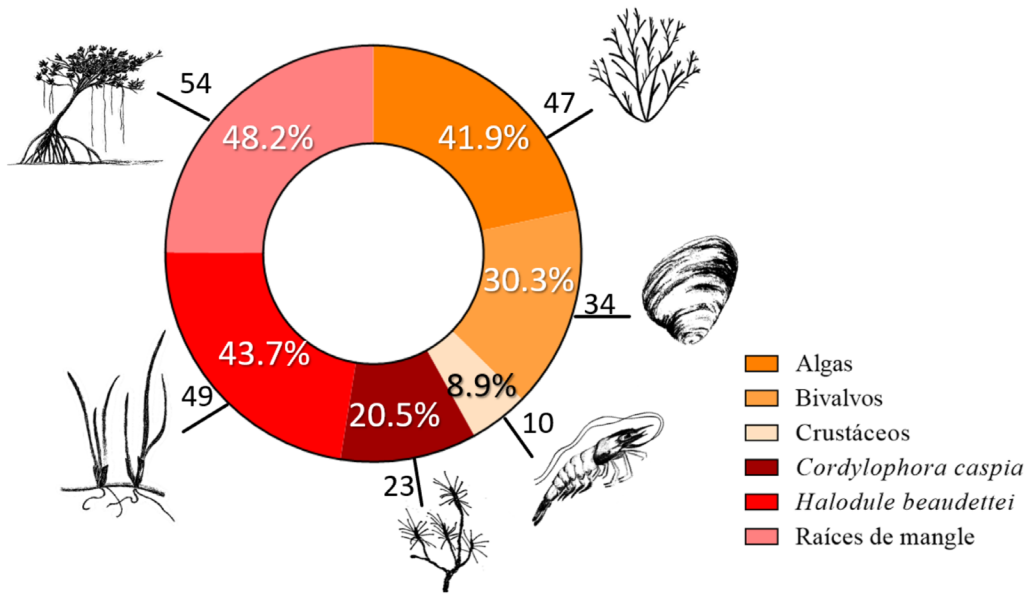


FIGURA 4. Riqueza específica de ciliados simbiotes en sustratos animales y vegetales en los ecosistemas de manglar en México.

Los números fuera del gráfico indican el número de especies de ciliados en cada sustrato y por dentro del gráfico, el porcentaje de especies de ciliados respecto al número total (112) de especies simbiotes registradas para México. Ilustraciones de H. López-Camarillo.

DISCUSIÓN

De la revisión realizada, se puede señalar que en los manglares de México se cuenta con un inventario de 293 especies hasta el año 2022. En los diferentes biotopos, así como en sus distintas formas de vida, los ciliados participan primordialmente como consumidores primarios. Algunos otros, como los litostomátidos, clase dentro la cual se incluye el género *Loxophyllum*, se caracterizan por alimentarse de otros protistas como flagelados y ciliados de menor talla. Algunos representantes de la clase Spirotrichea como los géneros *Euplotes*, *Trachelostyla* y *Uroleptus* se alimentan básicamente de bacterias, y han sido documentados como un componente frecuente del bentos en los sedimentos.

El número de especies bentónicas psamófilas registradas en manglares mexicanos es de 164, cifra que sustenta que numerosas especies de ciliados presenten adaptaciones que les permiten habitar entre los intersticios de los granos de arena y sedimentos (Carey, 1992). Estos ciliados poseen características citológicas como formas alar-

gadas, aplanadas y cilios tigmotácticos (Aladro-Lubel et al., 1990). Dos ejemplos son *Anigsteinia oligonucleata* y *Trachelocerca gracilis* (Fig. 3, A y B), los cuales se registraron en manglares mexicanos con tallas cercanas a las 400 μm ; ambas especies son bacteriófagas con adaptaciones para explotar el nicho intersticial, como sus grandes tallas y estructura alargada en forma de huso, por lo que pueden desplazarse entre los sedimentos fácilmente (Hayward et al., 2003; Königs y Cleven, 2007).

La presencia de los ciliados psamófilos se ve influenciada por distintos factores ambientales entre los que destacan el tamaño del grano de arena, el espacio intersticial y la disponibilidad de alimento, el pH, la temperatura, el oleaje, la concentración de oxígeno y los disturbios antropogénicos (Fenchel, 1969, 1987; Wickham et al., 2000; Hamels et al., 2004). Alongi (1990) estableció que las características del agua y los nutrientes derivados de la hojarasca también actúan como factores reguladores de la presencia de ciliados en los manglares. De las especies que se han identificado en los sedimentos de manglares mexicanos, el intervalo de temperatura donde fueron observa-



das fue de 21 °C a 35 °C y el de salinidad de 16% a 40%, lo que indica que su distribución es potencialmente más amplia de lo que se conoce, al considerar que estos ecosistemas distribuidos en ambos litorales son estables.

Las especies simbiotas que incluyen formas epibiontes (adheridas a sustratos animales, algales o vegetales) y formas comensales a potencialmente parásitas que se han identificado en los manglares mexicanos manifiestan una serie de adaptaciones citológicas, como la presencia de estructuras de fijación como pedúnculos (*Acineta foetida*), lorigas (*Platycola decumbens*) y ciliatura peristomal (*Vorticella campanula*), así como ciclos de vida complejos (*Conidophrys pitelkae*). Su alimentación es por filtración (peritricos), captura por tentáculos con haptocistos (suctores) o ingestión de fluidos del hospedero (ancistrocómidos, apostomátidos) por lo cual su papel trófico es diferente en comparación con las especies de vida libre. Algunas especies de simbiotas documentadas en México se han catalogado como oportunistas a específicas, como es el caso de *Epistylis salina*, la cual se ha identificado como epibionte de crustáceos decápodos o *Scyphidia physarum* presente en moluscos bivalvos del litoral del Golfo de México.

Las especies de vida libre pueden llegar a presentar una amplia distribución, no exclusivas de determinada zona de manglar, tal es el caso de *Aspidisca lynceus* y *Favella ehrenbergii*, que fueron identificadas en zonas de manglar de ambas costas del país. Asimismo, se obtuvo que los datos recopilados acerca de la biodiversidad de ciliados en zonas de manglar en México son semejantes a los obtenidos por otros autores a escala mundial, por ejemplo, en el continente americano, Maybruck y Rogerson (2004) documentaron la presencia de ciliados epibiontes en los neumatóforos de *Rhizophora mangle* en Florida, y evaluaron su papel en el consumo de bacterias; Kattar (1970) registró, en manglares a lo largo del litoral brasileño, 75 especies de ciliados psamófilos. En Asia, Rajkumar et al. (2022) analizaron algunos factores ambientales y describieron la composición de la comunidad de ciliados del orden Tintinnida en manglares de la bahía de Bengala al sur de la India. Chithra y Sunil-Kumar (2015, 2022) analizaron los efectos

del monzón sobre una comunidad conformada por 115 especies de ciliados, principalmente peritricos y suctores, que fueron observados en las hojas y raíces de *Rhizophora apiculata* de un manglar al suroeste de la India. Li et al. (2010) registraron la presencia de colpódidos e hipotricos como los grupos más diversos en una comunidad conformada por 70 especies de ciliados presentes en los sedimentos de manglares dominados por *Bruguiera gymnorrhiza* y *Sonneratia apetala* al sur de China. El estudio de los ciliados también puede tener algunas aplicaciones biotecnológicas como refrieron Chen et al. (2008) al estimar su potencial como bioindicadores en el tratamiento de aguas residuales empleando barreras de la especie de mangle *Aegiceras corniculatum* establecidas al sur de China.

Los registros de ciliados referidos en el presente estudio corresponden a 28% del total de las especies que han sido registradas en México (Mayén-Estrada et al., 2020). Ello pone de manifiesto la carencia en el conocimiento de la biodiversidad de este componente biótico, con lo cual resulta evidente la necesidad de implementar su estudio en los manglares de México que permitan aportar elementos para conocer su importancia en el ecosistema, así como proveer herramientas para su empleo como potenciales bioindicadores de la calidad del ambiente.

CONCLUSIONES

Se aporta el registro de 293 especies del phylum Ciliophora, tanto de vida libre como simbiotas en manglares de siete estados de México. Sin embargo, el conocimiento de su biodiversidad resulta todavía insuficiente dada la extensión que presenta este tipo de ecosistemas a lo largo de la línea de costa del océano Atlántico y del Pacífico, así como en la península de Yucatán. En ese sentido, se hace evidente la necesidad de llevar a cabo estudios que permitan describir la composición de las comunidades que conforman, así como evaluar su papel en el ecosistema y los factores ambientales que determinan su presencia. Del mismo modo, se pueden implementar estrategias en las que se emplee a los ciliados como herramienta de biomonitoring o biorremediación en los ecosistemas de manglar.

RECONOCIMIENTOS

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) por el financiamiento del proyecto KT003 “Protistas ciliados y flagelados heterótrofos de México”. Al Biól. H. López Camarillo, Laboratorio de Biogeografía y Sistemática, Facultad de Ciencias, UNAM por la elaboración de las ilustraciones científicas. A la M. en C. Daniela Rojas-Sánchez por su contribución de las imágenes de tintínidos.

REFERENCIAS

- Aescht, E. (2001). Catalogue of the generic names of ciliates (Protozoa, Ciliophora). *Denisia*, 1, 1-350.
- Adl, S., Bass, D., Lane, C., Lukeš, J., Schoch, C., Smirnov, A., Agatha, S., Berney, C., Brownk, M., Burki, F., Cárdenas, P., Čepička, I., Chistyakova, L., del Campo, J., Dunthorn, M., Edvardsen, B., Eglit, Y., Guillou, L., Hampl, V., & Zhang, Q. (2019). Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 66(1), 4-119, <http://doi.org/10.1111/jeu.12691>
- Aladro-Lubel, M. A. (1967). Sistemática y morfología de algunos protozoarios ciliados, colectados en la Laguna de Mandinga, Veracruz. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Facultad de Ciencias.
- Aladro-Lubel, M. A., & López-Ochoterena, E. (1967). Protozoarios ciliados de México. XVI. Algunos aspectos biológicos de quince especies colectadas en la Laguna de Mandinga, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 28, 55-71.
- Aladro-Lubel, M. A., Martínez-Murillo, M. E., & Mayén-Estrada, R. (1986). Ciliados del sedimento de la Laguna de Mandinga, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ser. Zoología)*, 57(1), 1-30.
- Aladro-Lubel, M. A., Martínez-Murillo, M. E., & Mayén-Estrada, R. (1990). *Manual de ciliados psamófilos marinos y salobres de México* (Cuadernos 9). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alongi, D. M. (1990). Abundances of benthic microfauna in relation to outwelling of mangrove detritus in a tropical coastal region. *Marine Ecology Progress Series* 63(1), 53-63.
- Bulit, C., & Díaz-Ávalos, C. (2009). Patrones de diversidad de ciliados del plancton en la Laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 19(2), 109-118.
- Bulit, C., Díaz-Ávalos, C., & Montagnes, D. J. S. (2009). Scaling patterns of plankton diversity: a study of ciliates in a tropical coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 624, 29-44, <http://doi.org/10.1007/s10750-008-9664-x>
- Carey, P. G. (1992). *Marine interstitial ciliates. An illustrated key*. Chapman & Hall.
- Chávez-Ávila, S. M. (2010). Ciliados epibiontes de crustáceos braquiuros (Decapoda) de la zona de manglar del estero Tampamachoco, Tuxpan, Ver. Reporte de Investigación de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chen, Q., Xu, R. L., Tam, N. F., Cheung, S. G., & Shin, P. K. S. (2008). Use of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as bioindicator to assess sediment quality of two constructed mangrove sewage treatment belts in Southern China. *Marine Pollution Bulletin*, 57(6-12), 689-694, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.03.015>
- Chithra, P., & Sunil-Kumar, R. (2015). Preliminary studies on epibiotic protists in the mangrove ecosystem of Ayiranthengu, Kerala coast. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 57(2), 90-94, <http://mbai.org.in/php/journaldownload.php?id=2376&bkid=113>
- Chithra, P., & Sunil-Kumar, R. (2022). Diversity and distribution of ciliated protozoans on the mangrove leaf litters of *Rhizophora apiculata*. *Macedonian Journal of Ecology and Environment*, 24(1), 39-53, <https://www.mjee.org.mk/index.php/mjee/article/view/198>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio] (2021). *Distribución de los manglares en México en 2020, escala: 1:50000*. Edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM). Ciudad de México, México, http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mx_man20gw.html



- Cruz-Jiménez, G. (2022). Ciliados (Phylum Ciliophora) del complejo lagunar Bacalar, Quintana Roo, México. [Tesis de Maestría., Universidad Nacional Autónoma de México]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.
- Fenchel, T. (1969). The ecology of marine microbenthos. IV. Structure and function of the benthic ecosystem. *Ophelia* 6(1), 1-182, <https://doi.org/10.1080/00785326.1969.10409647>
- Fenchel, T. (1987). *Ecology of protozoa. The biology of free-living phagotrophic protists*, Springer-Verlag.
- Hakspiel-Segura, C. (2009). Variación estacional de la trama trófica microbiana en la Laguna de Macapule, Sinaloa. [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Hamels, I., Sabbe K., Muylaert K., & Vyverman, W. (2004). Quantitative importance, composition, and seasonal dynamics of protozoan communities in polyhaline versus freshwater intertidal sediments. *Microbial Ecology*, 47(1), 18-29, <http://doi.org/10.1007/s00248-003-2011-x>
- Hayward, B. H., Droste R., & Epstein, S. S. (2003). Interstitial ciliates: benthic microaerophiles or planktonic anaerobes? *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 50(5), 356-359, <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2003.tb00148.x>
- Kattar, M. R. (1970). Estudio dos protozoários ciliados psamófilos do litoral brasileiro. *Boletim do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Nova Série, Zoologia e Biologia Marinha*, 27(27), 123-206.
- Königs S., & Cleven E. J. (2007). The bacterivory of interstitial ciliates in association with bacterial biomass and production in the hyporheic zone of a lowland stream. *FEMS Microbiology Ecology*, 61(1), 54-64, <http://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00328.x>
- Li, J., Liao, Q., Li, M., Zhang, J., Fungyee-Tam, N., & Xu, R. (2010). Community structure and biodiversity of soil ciliates at Dongzhaigang mangrove forest in Hainan Island, China. *Applied and Environmental Soil Science*, 2010, 1-8, <https://doi.org/10.1155/2010/103819>
- 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, 65-69.
- López-Téllez, N. A., Vidal-Martínez, V. M., & Overstreet, R. M. (2009). Seasonal variation of ectosymbiotic ciliates on farmed and wild shrimps from coastal Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, 287(3-4), 271-277.
- Lynn, D. H. (2008). *The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature*. Springer Science.
- Lynn, D. H. (2017). Ciliophora. En J. Archibald., A. Simpson., & C. Slamovits (Eds.), *Handbook of the protists* (pp. 679-730). Springer, https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-28149-0_23
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1985a). Protozoarios ciliados de México. XXVI. Análisis morfológico y taxonómico de treinta y cinco especies de la Laguna de Términos, Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 12(1), 199-212.
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1985b). Protozoarios ciliados de México. XXVII. Aspectos biológicos de siete especies asociadas a *Crassostrea rizophorae* (Goulding) (Mollusca, Bivalvia), recolectadas en la Laguna de Términos, Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 12(1), 213-220.
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1986a). Protozoarios ciliados de México. XXVIII. Características morfológicas y taxonómicas de veinticinco especies de la Laguna Pom, Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 13(3), 29-38.
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1986b). Protozoarios ciliados de México. XXIX. Aspectos biológicos de seis especies asociadas a *Crassostrea virginica* (Gmelin) (Mollusca, Bivalvia), de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 13, 39-44.
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1988a). Protozoarios ciliados de México. XXXI. Siete especies del género *Scyphidia* Dujardin (Peritrichida, Oligohymenophorea) y su asociación con almejas comestibles (Mollusca, Bivalvia)

- de la Laguna Pom, Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 15(1), 223-228.
- Madrazo-Garibay, M., & López-Ochoterena, E. (1988b). Protozoarios ciliados de México. XXX. Descripción y sistemática de algunas especies asociadas a tres almejas comerciales (Mollusca, Bivalvia) del sistema fuvio lagunar Atasta-Pom, Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 15(1), 55-64.
- Martínez-Murillo, M. E. (1997). Ciliados asociados a la vegetación sumergida y a las raíces de mangle en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Facultad de Ciencias.
- Martínez-Murillo, M. E., & 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 (Ser. Zoología)*, 65(1), 11-18.
- Martínez-Murillo, M. E., & Aladro-Lubel, M. A. (1996). Ciliados sésiles epibiontes de algas en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Tropical Ecology*, 37(2), 265-272.
- Martínez-Murillo, M. E., & Aladro-Lubel, M. A. (1999). Some ecological aspects of epibiotic sessiline ciliates attached to submerged roots of *Rhizophora mangle* L. in Tamiahua Lagoon, Veracruz, Mexico. *Tropical Ecology*, 40(1), 163-166.
- Maybruck, B. T., & Rogerson, A. (2004). Protozoan epibionts on the prop roots of the red mangrove tree, *Rhizophora mangle*. *Protistology*, 3(4), 265-272, https://www.zin.ru/journals/protistology/num3_4/maybruck.pdf
- Mayén-Estrada, R. (1979). Descripción y distribución de 21 especies de protozoarios ciliados bentónicos de la Laguna de La Mancha, Veracruz. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Facultad de Ciencias.
- Mayén-Estrada, R., & Aladro-Lubel, M. A. (1987). Treinta especies de protozoarios ciliados bentónicos de la Laguna de La Mancha, Veracruz. *Universidad y Ciencia*, 4, 69-80.
- Mayén-Estrada, R., & Aladro-Lubel, M. A. (1994). Primer registro de *Conidophrys pitelkae* (Ciliophora: Apostomatia: Pilisuctorida) en crustáceos decápodos de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ser. Zoolo-gía)*, 65(1), 1-10.
- Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., & Aguilar-Aguilar, R. (2014). Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(S1), 34-43, <http://doi.org/10.7550/rmb.31993>
- Mayén-Estrada, Reyes-Santos, M., Durán-Ramírez, C., Olvera-Bautista, F., Vicencio-Aguilar, M., & Romero-Niembro, V. (2020). Protistas ciliados y flagelados heterótrofos (Informe final, proyecto no. KT003) SNIB-Conabio, <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfKT003.pdf>
- Picaso-Hernández, R. M. (1991). Estudio de los ciliados bentónicos de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Facultad de Ciencias.
- Rajkumar, M., Prabu, V. A., Rahman, M. M., & Jenkinson, I. R. (2022). Community structure of microzooplankton in a tropical estuary (Uppanar) and a mangrove (Pichavaram) from the south-east coast of India. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 64(2), 13-28, <http://doi.org/10.6024/jmbai.2022.64.2.2107-02>
- Rojas-Sánchez, D. (2015). Composición, abundancia, diversidad taxonómica y morfológica de las comunidades de tintínicos (Ciliophora: Tintinnida) del arrecife Tanhujio y la laguna Tampamachoco, Tuxpan-Veracruz, México. [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia]. Facultad de Ciencias Básicas.
- Sánchez-Calderón, M. G. (1981). Protozoarios ciliados bentónicos de dos zonas de manglar en San Blas, Nayarit. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Wickham, S., Gieseke A., & Berninger U. G. (2000). Benthic ciliate identification and enumeration: an improved methodology and its application. *Aquatic Microbial Ecology*, 22, 79-91, <http://doi.org/10.3354/ame022079>



Manuscrito recibido el 26 de enero de 2024

Aceptado el 21 de junio de 2024

Publicado el 16 de diciembre de 2024

Este documento se debe citar como:

Mayén-Estrada, R., Durán-Ramírez, C. A., Romero-Niembro, V. M., & Olvera-Bautista, F. (2024). Ciliados (Alveolata: Ciliophora) en los ecosistemas de manglar de México. *Madera y Bosques*, 30(4), e3042664. <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3042624>



Madera y Bosques, por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61778909009>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Rosaura Mayén-Estrada, Carlos Alberto Durán-Ramírez,
Víctor Manuel Romero-Niembro, Fernando Olvera-Bautista

**Ciliados (Alveolata: Ciliophora) en los ecosistemas de
manglar de México**

**Ciliates (Alveolata: Ciliophora) from mangrove
ecosystems in Mexico**

Madera y bosques

vol. 30, núm. 4, Esp. e3042624, 2024

Instituto de Ecología A.C.,

ISSN: 1405-0471

ISSN-E: 2448-7597

DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3042624>