

**Informe final\* del Proyecto KT003  
Protistas ciliados y flagelados heterótrofos\***

**Responsable:** Dra. Rosaura Mayén Estrada  
**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología Comparada  
**Dirección:** Av. Universidad #3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, 04510,  
Ciudad de México  
**Correo electrónico:** [rme2@ciencias.unam.mx](mailto:rme2@ciencias.unam.mx)  
**Teléfono/Fax:** 5695 9951  
**Fecha de inicio:** Junio 28, 2013.  
**Fecha de término:** Marzo 17, 2020.  
**Principales resultados:** Catálogo de autoridad taxonómica, base de datos, fotografías, informe final.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Mayén Estrada, R., Reyes Santos, M., Durán Ramírez, C. A., Medina Durán, J. H., Olvera Bautista, J. F. Y., Vicencio Aguilar, M. E. y V. M. Romero Niembro. 2020. Protistas ciliados y flagelados heterótrofos. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. **Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. KT003.** Ciudad de México.

**Resumen:**

La distribución de las especies de grupos de protistas, como los ciliados y los flagelados heterótrofos, en la República Mexicana se ha integrado parcialmente y los cambios taxonómicos, que versan desde las propuestas actuales de clasificación hasta los cambios a nivel de especies no se han actualizado. Se pretende con el presente proyecto generar las bases de datos de las especies de ciliados y los diferentes grupos de flagelados heterótrofos bajo una perspectiva actual y documentada con la literatura especializada para cada uno de los taxones. Conjuntamente, el conocimiento de la riqueza de especies y biodiversidad por áreas en el país, sustentadas en las referencias geográficas, permitirá evaluar el estado general del estudio de estas agrupaciones de protistas, que permitirán a su vez formular acciones y orientación del quehacer científico.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

## **INFORME FINAL DEL PROYECTO KT003 “Protistas ciliados y flagelados heterótrofos”**

RESPONSABLE: Rosaura Mayén Estrada  
PARTICIPANTES: Margarita Reyes Santos  
Carlos Alberto Durán Ramírez  
Jorge Humberto Medina Durán  
Jovanny Fernando Yonatan Olvera Bautista  
Maricela Elena Vicencio Aguilar  
Víctor Manuel Romero Niembro

### RESUMEN

Se presentan los datos taxonómicos, distribución en la República Mexicana y forma de vida, de 1026 especies de ciliados y 144 de flagelados heterótrofos, incluidos en siete phyla de protistas, cuyos registros se obtuvieron en fuentes bibliográficas de diversa índole. El mayor número de especies correspondieron a las de ciliados, en el ambiente marino (447 especies) y para los flagelados heterótrofos el mayor número (110 especies), correspondió a registros en el ambiente terrestre (simbiontes y de vida libre). La entidad federativa con el mayor número de especies de ciliados (358 especies) correspondió a Veracruz y a la Ciudad de México para los flagelados heterótrofos donde se registraron 75 especies. Se concluye que los estudios taxonómicos apoyados con técnicas citológicas modernas y la bibliografía actualizada, son indispensables, dado que el conocimiento de la biodiversidad de los ciliados y los flagelados heterótrofos es todavía parcial.

### INTRODUCCION

#### CILIADOS

Los protistas del phylum Ciliophora, incluidos en dos subphyla, 11 clases y 59 órdenes (Lynn, 2008), se caracterizan primordialmente por la presencia de cilios derivados de cinetosomas con tres tipos de microfibrillas asociadas, un dualismo nuclear y la conjugación como proceso sexual. La ciliatura se dispone como somática y oral, en forma de monocinetias, dicinetias y policinetias (Lynn, 2008).

Los ciliados se encuentran distribuidos en una diversidad de hábitats, como organismos de vida libre no asociados con otros organismos (libres nadadores o sésiles) en el plancton y bentos de ambientes marinos (zonas neríticas y oceánicas, litorales y profundas), cuerpos de agua dulce (lagos, ríos, cuerpos temporales), lagos hipersalinos, ambientes salobres (lagunas costeras y manglares), plantas de tratamiento de aguas residuales y ambientes terrestres (suelos, bromelias tipo tanque, musgos) (Lynn, 2008).

Forman parte consistente del bentos y constituyen una fracción importante del plancton. La importancia ecológica de los ciliados se manifiesta en las redes tróficas transfiriendo energía a otros niveles de la cadena por ser organismos principalmente bacterívoros, y también son consumidores de algas, otros protozoos, invertebrados de talla pequeña, y algunas especies son mixótrofas (Lynn, 2008).

Establecen una gama amplia de simbiosis como la foresis, parasitismo, mutualismo y comensalismo (Lynn, 2008) así como la interacción epibiótica. Como organismos simbiontes se han registrado en invertebrados, vertebrados y plantas, en ambientes terrestres y acuáticos, e incluso se han observado estableciendo hiperforesis (Aladro-Lubel *et al.*, 2006; Fernandez-Leborans y Tato-Porto, 2000a,b; Foissner *et al.*, 2008; Lynn, 2008; Sabagh *et al.*, 2011).

Son solitarios o coloniales, con una amplia gama de formas y sus tallas están en el rango de 10 a 3000  $\mu\text{m}$  (Jones, 1974).

A la fecha se cuenta con un registro aproximado de 8,000 especies de ciliados donde se incluyen 200 especies fósiles, 3000 simbiontes (Lynn, 2008) y alrededor de 4500 morfoespecies de vida libre (Foissner *et al.*, 2008).

En México, el número previo estimado de especies de ciliados, distribuidos en todos los ambientes como organismos de vida libre y simbiontes es de 959 (Mayén-Estrada *et al.*, 2014a). Para algunas especies de ciliados como *Balantidium coli*, Mayén-Estrada *et al.* (2016a) documentaron su distribución en cerdos y humanos de 19 estados de la República Mexicana.

De acuerdo a Mayén-Estrada *et al.* (2016b), con relación a la biodiversidad de la Ciudad de México, el género *Entodinium* (Ophryoscolecidae) presentó el mayor número de especies (14). En algunos estados de la República, con ambientes diversos y propicios para la presencia de éstos organismos, no existen registros de

ciliados, lo que las torna como regiones geográficas prioritarias a estudiar a través de la planeación de proyectos interdisciplinarios.

## FLAGELADOS HETEROTROFOS

Bajo la denominación de flagelados heterótrofos se incluyen varios phyla de protistas que carecen de cloroplastos, poseen mitocondrias o hidrogenosomas, son osmótrofos o fagótrofos, poseen uno o más flagelos y son de vida libre o simbioses (Sleigh, 1989; Jeuck & Arndt, 2013). Su importancia trófica como bacteriófagos, herbívoros, detritívoros, osmótrofos y mixótrofos es primordial en ambientes terrestres y acuáticos (Jeuck & Arndt, 2013). Las especies simbioses tienen como hospederos a varios taxa de vertebrados e invertebrados (Cox, 1982), y algunas son de importancia médica o veterinaria.

Los arqueamébidos incluyen especies de vida libre, de ambientes marinos o dulceacuícolas en donde habitan generalmente en aguas estancadas; con formas ameboides y ameboflageladas que poseen de uno a varios flagelos (Corliss, 1994; Brugerolle & Patterson, 2000).

El phylum Euglenozoa agrupa entre otros, a los euglénidos y los kinetoplástidos, que incluyen especies de vida libre y simbioses. Poseen de uno, dos y hasta cuatro flagelos, mitocondrias, peroxisomas o glicosomas; los extrusomas pueden estar presentes. Los kinetoplástidos se caracterizan por la presencia de un organelo denominado cinetoplasto, incluye flagelados de vida libre y parásitos, entre otros de los géneros *Trypanosoma* y *Leishmania* (Corliss, 1994; Leedale & Vickerman, 2000).

En los metamonados se incluyen especies con dos a ocho flagelos conformando sistemas cariomastigotes (los flagelos están asociados al núcleo); son de vida libre (dulceacuícolas, salobres y marinos) o simbioses (de vertebrados e invertebrados). Los diplomonádidos del género *Giardia* son parásitos del humano y otros vertebrados (Corliss, 1994; Brugerolle & Lee, 2000a).

Las especies del phylum Opalozoa poseen de dos a múltiples flagelos, en la región apical o distribuidos en hileras longitudinales; con uno, dos o más núcleos; son de vida libre o simbioses, p. ej. de anfibios en el caso de los opalínidos (*Opalina* sp., *Zelleriella* sp.) (Corliss, 1994; Delvinquier & Patterson, 2000).

De acuerdo a Corliss (1994) los parabasálidos son flagelados casi exclusivamente simbioses en un amplio espectro de hospederos como las termitas, y también son parásitos del humano (p. ej. *Trichomonas vaginalis*). Poseen un sistema mastigonte, múltiples flagelos y uno a varios núcleos; son anaeróbicos, carecen de mitocondrias y poseen hidrogenosomas (Brugerolle & Lee, 2000b).

Las especies del género *Stephanopogon* están incluidas en el phylum Percolozoa; son multiflagelados y multinucleados, poseen mitocondrias y peroxisomas y son de vida libre (Corliss, 1994).

En México se ha documentado el registro de especies de los seis phyla de flagelados y como ejemplo, los datos de los tripanosomátidos que incluyen nueve especies del género *Trypanosoma* (phylum Euglenozoa) cuya importancia médica es relevante, han sido registradas en varios estados (Mayén-Estrada *et al.*, 2014b). Para la ciudad de México Mayén-Estrada *et al.* (2016b) mencionaron que existen 10 especies del género *Trichomonas* (phylum Parabasala).

## IMPORTANCIA DE LA PRESENTE CONTRIBUCION

Los listados taxonómicos son de gran importancia para conocer la biodiversidad a nivel local permitiendo contrastarlas con otras regiones, así como aspectos de ecología y conservación, y además puede incidir en los aspectos sanitario, biotecnológico y económico.

Con la presente contribución, que abarca la revisión de la literatura que data de un poco más de 100 años, pretendemos integrar el estatus actual del conocimiento de los ciliados y los flagelados heterótrofos, bajo una perspectiva taxonómica y de su distribución geográfica.

## ESTRATEGIA METODOLOGICA

La base de datos fue conformada realizando una investigación bibliográfica, cotejando el estatus taxonómico de cada una de las especies cuyo registro fue realizado en México.

Se consultó la literatura disponible, tanto impresa como electrónica de los protistas con algún registro en México y cuya identidad correspondiera a la categoría de especie y se excluyeron todos aquellos datos serológicos, de cepas o fases de

quiste. Cada especie fue cotejada en la literatura para constatar su validez actual, y en su caso fue asociada como un sinónimo al taxón reconocido.

El esquema de clasificación de los ciliados para categorías supragenéricas correspondió, con excepción de taxones de reciente descripción, a la propuesta de Lynn (2008) y para la categoría a nivel de género a Aescht (2001).

Para los flagelados heterótrofos se siguió la propuesta de Corliss (1994) para la categoría a nivel de phylum, y de Patterson & Larsen (1991) y Lee *et al.* (2000) entre otros, para el resto de las categorías.

Las especies se revisaron en cada una de las referencias de su registro en México, el estado y municipio, o en su caso la ecorregión marina correspondiente, y forma de vida.

Como especies de vida libre se incluyeron todas aquellas formas libre-nadadoras, reptantes y enterradoras, así como sésiles.

Las especies se catalogaron como simbioses cuando en la literatura fueron referidas en asociación con otros organismos, quedando incluidas aquellas parásitas, comensales, mutualistas y epibióticas.

## RESULTADOS

La base de datos incluye la información de siete phyla: Archamoeba, Ciliophora, Euglenozoa, Metamonada, Opalozoa, Parabasala y Percolozoa, tres subphyla, 27 clases, 18 subclases, 71 órdenes, ocho subórdenes, 196 familias, 445 géneros y 1170 especies válidas. Esta información fue recopilada de artículos y notas de revistas científicas, tesis (licenciatura y posgrado), reportes profesionales, libros, capítulos de libros, memorias de congresos, guías y manuales, realizadas en diversos ecosistemas, ambientes y hábitats como son: agroecosistemas, bosques, centros antirrábicos, cuevas, fauna silvestre, hospitales, lagos, lagunas, mares, plantas de tratamiento de aguas, planteles educativos, presas, rastros, ríos, suelo y zoológicos.

Del total de las especies válidas, 1026 fueron especies de ciliados y el resto están distribuidas en los seis phyla de flagelados heterótrofos: una para arqueamébidos, 45 euglenozoos, 29 metamonados, 19 opalozoos, 48 parabasálidos y dos percolozoos.

En el grupo de los ciliados, la familia Ophryoscolecidae (simbiontes de mamíferos) resultó con el mayor número de especies (56). En los flagelados parabasílicos de la familia Lophomonadidae (simbiontes de vertebrados e invertebrados), fue el grupo que mostró el mayor número de especies (26).

El género de ciliado que incluyó el mayor número de especies (27) fue *Entodinium*. En el caso de los flagelados heterótrofos, el género *Trypanosoma* con 14 especies y el género *Metadevescovina* con 12 especies, son los que albergaron la mayor riqueza de especies.

El ambiente con el mayor número de especies correspondió al marino con 447 especies de ciliados. El mayor número de especies de flagelados (110) se registró en el ambiente terrestre.

Los datos obtenidos muestran que en 32 estados de la República Mexicana (100%), 343 municipios (13.9%) y siete ecorregiones marinas (87.5%) se cuenta con registros de ciliados o flagelados heterótrofos en el país. El estado con el mayor número de especies (ciliados y flagelados heterótrofos) es Veracruz (373 especies) y la ecorregión con el mayor número de especies es la de Golfo de México Sur (336 especies). En los estados de Coahuila y Tlaxcala sólo se han registrado dos especies en cada una, y la ecorregión con el menor número de especies es el Mar Caribe (una especie).

El estado con el mayor número de especies de ciliados registradas (358) es Veracruz, y para Coahuila, Colima, Quintana Roo y Zacatecas, el número de especies de ciliados que ha sido observada corresponde a una especie para cada una.

En la Ciudad de México se ha registrado el mayor número de especies de flagelados heterótrofos, cuya cifra es de 75 especies; en Aguascalientes y Coahuila se registró el menor número de especies (una), en cada estado.

Setecientos veintisiete especies de ciliados fueron registradas como formas de vida libre, en tanto que 103 especies de flagelados heterótrofos se registraron como formas simbiontes.

## PERSPECTIVAS

Las valiosas contribuciones realizadas por diversos autores en 32 Entidades

Federativas de la República Mexicana, de manera integral muestran la biodiversidad de los protistas ciliados y flagelados heterótrofos.

La heterogeneidad de los métodos de caracterización citológica, la implementación de técnicas de estudio modernas, el cambio en la perspectiva de unidad orgánica basada en caracteres citológico-descriptivos por el conocimiento genético-molecular, y la necesidad de enfrentar los cambios ambientales que provocan daño o pérdida de hábitats y ecosistemas, son aspectos que muestran la necesidad de dar continuidad y complementar el conocimiento taxonómico, de distribución geográfica y formas de vida de los ciliados y los flagelados heterótrofos.

#### LITERATURA CITADA

- Aescht, E. 2001. Catalogue of the generic names of ciliates (Protozoa: Ciliophora). *Denisia*, 1: 1-350.
- Aladro-Lubel, M. A., Mayén-Estrada, R. & Reyes-Santos, M. 2006. Listados Faunísticos de México XI. Registro Actualizado de Ciliados. Agosto, 2004. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 97 pp.
- Brugerolle, G. & Lee, J. J. 2000a. Order Diplomonadida. En: Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (eds.). *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. pp. 1125-1135.
- Brugerolle, G. & Lee, J. J. 2000b. Phylum Parabasalia. En: Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (eds.). *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. pp. 1196-1250.
- Brugerolle, G. & Patterson, D. 2000. Orden Pelobiontida. En: Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (eds.). *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. pp. 1097-1103.
- Corliss, J. O. 1994. An interim utilitarian ("user-friendly") hierarchical classification and characterization of the protists. *Acta Protozoologica*, 33:1-51.
- Cox, F. E. G. 1982. *Parasitic protozoa*. En: Cox, F. E. G. (ed.). *Modern parasitology*. Blackwell, Oxford. pp. 1-33.
- Delvinquier, B. L. J. & Patterson, D. J. 2000. Order Slopalinida Patterson, 1986. En: Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (eds.). *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. pp. 754-759.



Fernandez-Leborans, G. & Tato-Porto, M. L. 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. L. 2000b. A review of the species of protozoan epibionts on crustaceans. II. Suctorian ciliates. *Crustaceana*, 73: 1205-1237.

Foissner, W., Chao, A. & Katz, L. A. 2008. Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). *Biodiversity and Conservation*, 17: 345-363.

Jeuck, A. & Arndt, H. 2013. A short guide to common heterotrophic flagellates of freshwater habitats based on the morphology of living organisms. *Protist*, 164: 842-860.

Jones, E. E. 1974. *The Protozoa of Mobile Bay, Alabama*. University of South Alabama Monographs, 1(1): 113 pp.

Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (Eds.) 2000. *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. 1432 pp.

Leedale, G. F. & Vickerman, K. 2000. Phylum Euglenozoa. En: Lee, J. J., Leedale, G. F. & Bradbury, P. (eds.). *An illustrated guide to the Protozoa*. Vol. 2. 2a. ed. Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas. pp. 1135-1184.

Lynn, D. H. 2008. *The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature*. Springer, New York. 605 pp.

Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M. & Aguilar-Aguilar, R. 2014a. Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85: S34-S43.

Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M. & Vicencio-Aguilar, M. E. 2014b. Biodiversidad de protistas (flagelados heterótrofos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85: S26-S33.

Mayén-Estrada, R., Durán-Ramírez, C., Romero-Niembro, V. M., Reyes-Santos, M. Vicencio-Aguilar, M. E., Medina-Durán, J. H. & Olvera-Bautista, J. F. Y. 2016a. Mexican geographic distribution of *Balantidium coli* (Ciliophora, Litostomatea: Balantidiidae) and some notes of Latin America balantidiosis. *Revista Brasileira de Zoociencias*, 17(1): 132-139.

Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., Vicencio-Aguilar, M. E. & Aguilar-Aguilar, R. 2016b. Protozoarios (Protozoa). En: La biodiversidad en la Ciudad de México. Vol. II. CONABIO/SEDEMA, México. pp. 2014-208.

Patterson, D. J. & Larsen, J. 1991. *The biology of free-living heterotrophic flagellates*. The Systematics Association, Special Volume no. 45, Clarendon Press, Oxford. 505 pp.

Sabagh, L. T., Dias, R. J. P., Branco, C. W. C. & Rocha, C. F. D. 2011. News records of phoresy and hyperphoresy among treefrogs, ostracods, and ciliates in bromeliad of Atlantic forest. *Biodiversity and Conservation*, 20(8): 1837-1841.

Sleigh, M. A. 1989. *Protozoa and other protists*. Cambridge University Press, Cambridge. 342pp.