



## Biodiversidad de Ciliophora en México

### Biodiversity of Ciliophora in Mexico

Rosaura Mayén-Estrada<sup>✉</sup>, Margarita Reyes-Santos y Rogelio Aguilar-Aguilar

Laboratorio de Protozoología, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México D. F., México.

✉ romaraf@gmail.com

**Resumen.** Los ciliados conforman un grupo de aproximadamente 8 000 especies. En la actualidad el número de especies registradas en México asciende a 959 que corresponde a un 12% del total de especies descritas a nivel mundial. Se analiza el aspecto histórico de los estudios de ciliados, bajo las perspectivas taxonómica y ecológica. Se presentan datos de algunas categorías taxonómicas del phylum Ciliophora, de la distribución geográfica y de la riqueza de especies en diferentes ambientes y hábitats. Se concluye que en algunas regiones del país no se ha abordado el estudio de estos protistas, aunque existen los microhábitats favorables para el establecimiento de poblaciones, por lo cual la estimación de la riqueza específica que aquí se presenta está probablemente subestimada.

Palabras clave: ciliados, taxonomía, distribución, biogeografía.

**Abstract.** Protozoan ciliates include about 8 000 species; actually, 959 species have been reported for Mexico or 12% of the world's records. A historical account of taxonomic and ecological studies is presented. We present data of some taxa of Phylum Ciliophora, its geographic distribution and species richness, in diverse habitats and environments. We conclude that many regions in the country for which no data on species of ciliates are available, even when they possess favorable microhabitats for the establishment of populations, make the present diversity figures to be underestimated.

Key words: ciliates, taxonomy, distribution, biogeography.

### Introducción

*Aspectos citológicos y reproductivos.* Los protozoos ciliados conforman un grupo de aproximadamente 8,000 especies (Hausmann y Hulsman, 1996; Lynn, 2008) incluidas en 2 subphyla y 11 clases (Lynn, 2008). Los ciliados se caracterizan por la posesión de cilios o estructuras ciliares compuestas en alguna etapa de su ciclo de vida, variables en número y arreglo, la posesión de 2 tipos de núcleo (macronúcleo y micronúcleo) por lo cual son heterocarióticos, el proceso sexual de conjugación (Lynn, 2008) y la presencia de una corteza o capa cortical con 2 componentes, la película y las cinétidas (Hausmann y Hulsman, 1996). La película incluye a la membrana celular o plasmalema y por debajo de ella se ubican una serie de alveolos, por lo cual se incluyen en el taxón Alveolata (Adl et al., 2012). La ciliatura se dispone como somática y oral; los cilios se originan en cuerpos basales o cinetosomas, que se organizan en cinétidas (monocinétidas

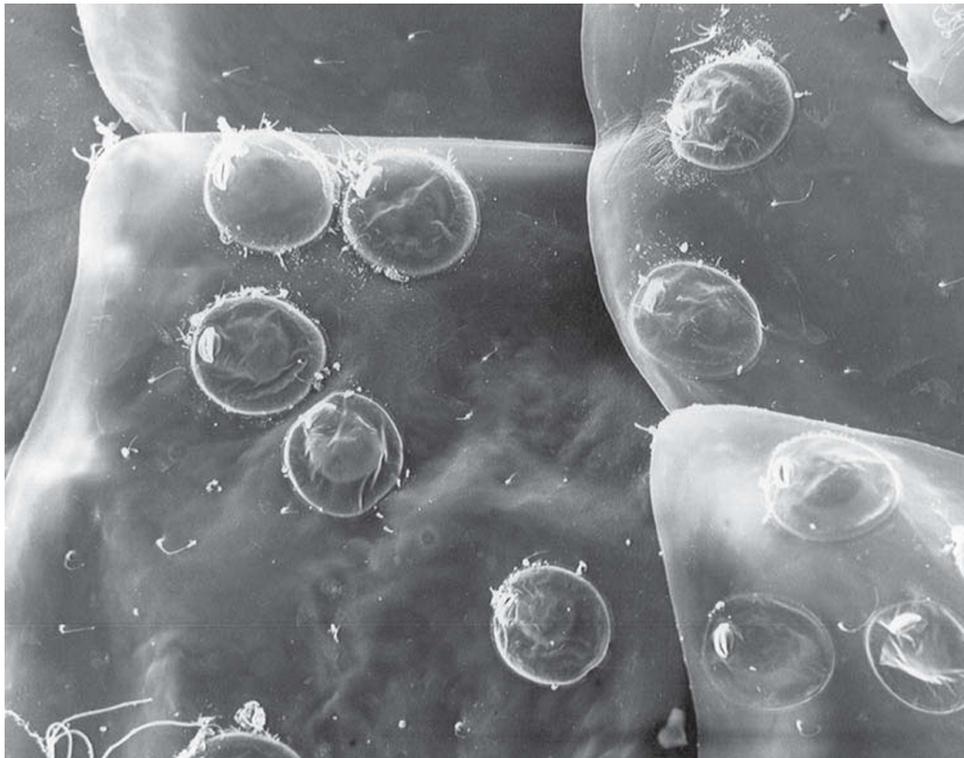
y dicinétidas somáticas, policinétidas orales), componentes primordiales de la infraciliatura.

La longitud de las células de los ciliados varían entre 10  $\mu\text{m}$  y 3 000  $\mu\text{m}$  (Jones, 1974). Son organismos unicelulares, generalmente solitarios pero también se manifiestan formas coloniales, son heterótrofos, y en algunas especies como *Laboea strobila*, *Euplotoides* cf. *daidaleos* y *Stichotricha secunda* se ha documentado la mixotrofia (Stoecker et al., 1988; Macek et al., 2006, 2008). Poseen vacuolas contráctiles y un complejo de vesículas y canales, y los extrusomas son muy comunes (Lynn, 2008) (Figs. 1-4).

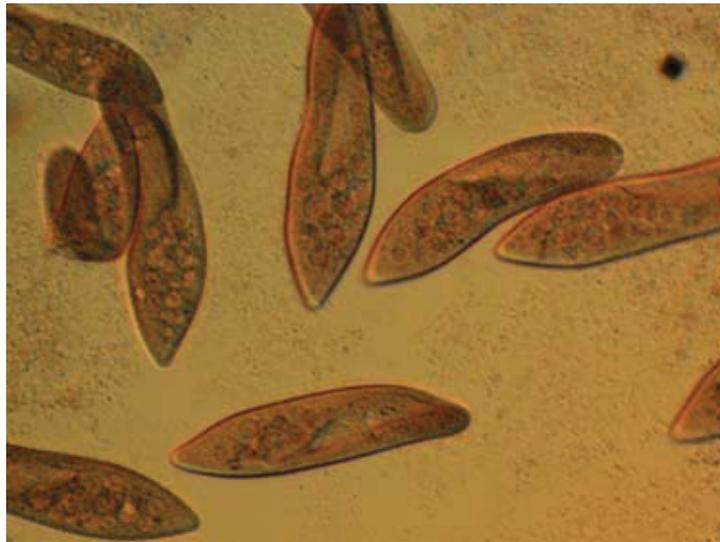
La fisión binaria, mecanismo de reproducción asexual, es el método más común en el ciclo de vida de los ciliados, en donde la célula parental se divide en 2 células (clonas) mediante la citocinesis y cariocinesis; la gemación es frecuente en especies sésiles. En el proceso sexual de conjugación, en el cual 2 células se fusionan parcialmente, 1 de los núcleos haploides derivados del micronúcleo por meiosis se intercambia y permite la recombinación génica; posteriormente este núcleo gamético migratorio se fusiona con el núcleo gamético estacionario (cariogamia) y se forma el sincarion que se divide 2 veces para formar macronúcleos y micronúcleos, hasta restablecer la condición nuclear de



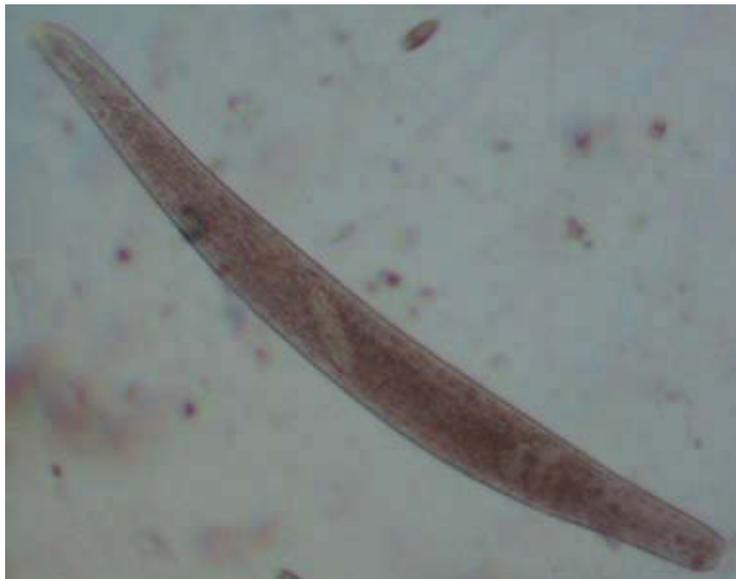
**Figura 1.** *Dendrocometes* sp. adherido al pereiópodo de *Hyalella* sp. Se muestra un succionador con los tentáculos que irradian desde la célula y que se ramifican dendríticamente.



**Figura 2.** *Lagenophrys* sp. adherido al pereiópodo de *Hyalella* sp. Se observan varios individuos de *Lagenophrys* donde destacan la lorica y la abertura de la misma.



**Figura 3.** *Paramecium* sp. del lago de Xochimilco, D. F. Varios individuos de este ciliado con numerosas vacuolas y la citofaringe.



**Figura 4.** *Spirostomum* sp. del lago de Xochimilco, D. F. En la imagen se observa un individuo donde destacan las cinetias, algunas vacuolas digestivas así como el macronúcleo.

la especie. Este proceso sexual, junto con otro denominado autogamia, se presenta ante diversos estímulos, como la falta de alimento, cambios de temperatura y luz (Lynn, 2008). La formación de quistes es común.

*Aspectos ecológicos.* Tanto la ciliatura oral como la somática muestran una diversidad de arreglos en los ciliados, lo que repercute en su diversidad e importancia ecológica; exhiben un amplio rango de estrategias de alimentación

y ocupan una diversidad de nichos (Lynn, 2008). Los ciliados forman parte de las cadenas tróficas, habitan en ambientes acuáticos dulceacuícolas tanto en sistemas lénticos y lóticos (lagos, estanques, ríos, cascadas), salobres (estuarios, lagunas costeras), lagos salinos (lagos cráter), marinos (playas, mar abierto, glaciares, profundidades oceánicas), terrestres (suelos, musgos, hojas, agua del tanque de las bromelias) y en sistemas de tratamiento de

aguas residuales. Forman parte consistente del bentos y constituyen una fracción importante de la biomasa del plancton. Así mismo, establecen una gama amplia de simbiosis como la foresis, parasitismo, mutualismo y comensalismo (Lynn, 2008); sus hospederos corresponden a animales (invertebrados y vertebrados) y plantas; la única especie parásita del humano es *Balantidium coli*, pero existen numerosas especies parásitas de vertebrados e invertebrados capaces de diezmar las poblaciones y causar diversas afecciones. También se conocen especies de ciliados que son parásitas de otros ciliados, como en el caso del suctor *Sphaerophrya canelli* (Matthes et al., 1998).

*Registros ciliológicos: pasado y presente.* En México, para los ciliados, se han realizado diferentes tipos de estudios, con aspectos taxonómicos y morfológicos, ecológicos y de importancia en los ecosistemas, ultraestructurales utilizando técnicas de microscopía electrónica de barrido y epifluorescencia, y en menor número, de biología molecular, en diversos hábitats y localidades.

Existen un poco más de 130 contribuciones relacionadas con algún aspecto de estudio de los ciliados, que por razones de espacio no es posible señalarlas todas, por lo cual solo se hará referencia a algunas de ellas, en los ámbitos taxonómico y ecológico principalmente.

Concerniente a algunos aspectos históricos de la protozoología en México, de acuerdo con López-Ochoterena (1970), el estudio de los protozoos de vida libre en México se inició en 1884, en las aguas del canal de La Viga y pantanos de San Lázaro en el Distrito Federal, y el inicio del estudio en los protozoos parásitos fue en 1948.

Bajo una perspectiva descriptiva-taxonómica, en el caso de los ciliados de México, Bravo-Hollis (1922, 1923, 1924), Beltrán (1929), Sokoloff (1930a, b, 1936), Sámano y Sokoloff (1931), Chavarría (1933) y Osorio-Tafall (1941) fueron los pioneros. Entre otros, en la década de 1960, López-Ochoterena (1962, 1966) en ambiente dulceacuícola, y Aladro-Lubel y López-Ochoterena (1967) en una laguna salobre, aportaron datos de varias especies de ciliados. Con sus listados taxonómicos, López-Ochoterena y Rouré-Cané (1970), Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1982) y Madrazo-Garibay et al. (1988, 1990) contribuyeron con el conocimiento de los ciliados de vida libre y simbiosis, integrando la información de registros existente en esas fechas. En particular para los tintínidos, Santamaría del Angel (1985), contribuyó significativamente con datos para Baja California, México. Posteriormente, Aladro-Lubel et al. (1987, 1990), refirieron las especies de ambientes marinos y salobres, incluyendo ilustraciones en el segundo de ellos. El listado de especies más reciente es el de Aladro-Lubel et al. (2006) quienes

incluyeron 540 especies, 26 formas y 15 variedades de ciliados de vida libre y simbiosis distribuidas en la República Mexicana, que sumadas a los registros previos dieron un total de 952 especies para México. A partir de esa fecha, varios autores han aportado diversos datos del estudio de éste taxón. Como contribuciones de registro de especies, Aladro-Lubel et al. (2007, 2009) enlistaron a 62 y 66 especies respectivamente, observadas en la Cantera Oriente, Ciudad Universitaria, D. F. y Mayén-Estrada et al. (en prensa) listaron las 279 especies (sin incluir formas ni variedades) registradas en el Distrito Federal.

Enfocados a aspectos ecológicos de especies de ciliados, entre otros, Lugo et al. (1998) abordaron el análisis de especies de ciliados como componentes de comunidades litorales en los lagos Atexcac y Alchichica, Puebla. Macek et al. (1994) definieron los cambios de la estructura de la comunidad de acuerdo a la estratificación en el lago Atexcac; Macek et al. (2006, 2008) registraron los cambios en las comunidades de acuerdo a periodos climáticos y la distribución de las especies de acuerdo en un gradiente de profundidad en el lago Alchichica, respectivamente. En la laguna de Chautengo, Guerrero, Bulit y Díaz-Avalos (2009) analizaron la influencia de factores ambientales en la diversidad de ciliados; Bulit et al. (2009) estudiaron los patrones de diversidad con análisis de regresión múltiple y Bulit et al. (2011) aportaron datos de la abundancia y diversidad de ciliados.

Entre las descripciones de nuevas especies más recientes, Mariño-Pérez et al. (2010), describieron a *Periacineta mexicana* utilizando la secuencia parcial del gen 18S rRNA.

## Diversidad

En la actualidad el número de especies distribuidas en México asciende a 959, que corresponde a un 12% del número total de especies descritas a nivel mundial. De este total, 64 especies están incluidas en el subphylum Postciliodesmatophora y 895 en el subphylum Intramacronucleata, distribuidas en 11 clases, 46 órdenes, 158 familias y 332 géneros. En el cuadro 1 se indica el número de géneros y especies por familias, donde se observa que los ofrioscólidos (simbiosis), codonélidos y tintínidos (marinos), vaginicolídeos y vorticélidos (sésiles) son los que muestran las riquezas específicas más altas. La descripción y registro de los ciliados iniciados en la década de 1920, muestra un incremento gradual a partir de la década de 1960 hasta el año 2011 (Fig. 5) y especies como *Colpoda steinii* Maupas, *Coleps hirtus* (Mueller), *Cyclidium glaucoma* Mueller y *Vorticella microstoma* Ehrenberg son las que presentan la distribución más amplia en México y se han registrado en 8 a 10 estados.

**Cuadro 1.** Número de géneros y especies de ciliados por familia registrados en México

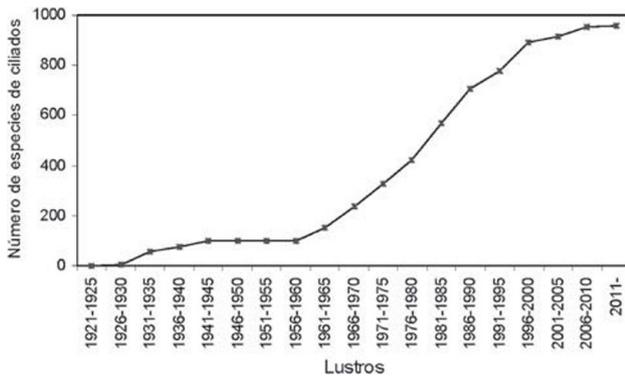
<i>Familias</i>	<i>Géneros</i>	<i>Especies</i>				
Kentrophoridae Jankowski	1	1	Epiclintidae Wicklow et Borror	1	1	
Trachelocercidae Kent	2	8	Urostylidae Buetschli	7	15	
Cryptopharyngidae Jankowski	1	1	Strombidiidae Fauré-Fremiet	3	12	
Loxodidae Buetschli	2	5	Caenomorphidae Poche	1	2	
Geleidae Kahl	3	5	Metopidae Kahl	3	12	
Blepharismidae Jankowski in Small et Lynn	4	11	Nyctotheridae Amaro	2	5	
Climacostomidae Repak	2	2	Acropisthiidae Foissner et Foissner	1	3	
Condylostomatidae Kahl in Doflein et Reichenow	1	2	Actinobolinidae Kahl	2	3	
Folliculinidae Dons	9	14	Didiniidae Poche	2	3	
Peritromidae Stein	1	2	Enchelyidae Ehrenberg	5	7	
Spirostomidae Stein	2	6	Lacrymariidae de Fromentel	1	9	
Stentoridae Carus	2	7	Spathidiidae Kahl in Doflein et Reichenow	2	3	
Licnophoridae Buetschli	1	1	Tracheliidae Ehrenberg	3	4	
Kiitrichidae Nozawa	1	1	Trachelophyllidae Kent	3	4	
Aspidiscidae Ehrenberg	1	13	Amhpileptidae Buestchli	2	8	
Euplotidae Ehrenberg	4	21	Litonotidae Kent	3	18	
Uronychiidae Jankowski	4	5	Mesodiniidae Jankowski in Small et Lynn	1	3	
Ascampbelliellidae Corliss	2	2	Balantidiidae Reichenow in Doflein et Reichenow	1	3	
Codonellidae Kent	3	37	Isotrichidae Buetschli	3	4	
Codonellopsidae Kofoid et Campbell	3	13	Paraisotrichidae da Cunha	2	2	
Cyttarocylididae Kofoid et Campbell	1	3	Buetschliidae Poche	9	14	
Dictyocystidae Haeckel	1	10	Blepharocorythidae Hsiung	3	9	
Epiplocylididae Kofoid et Campbell	3	8	Cycloposthiidae Poche	2	7	
Metacylididae Kofoid et Campbell	5	16	Ophryoscolecidae Stein	12	83	
Petalotrichidae Kofoid et Campbell	1	1	Spirodiniidae Strelkow	4	8	
Ptychocylididae Kofoid et Campbell	1	7	Chilonellidae Deroux	3	7	
Rhabdonellidae Kofoid et Campbell	3	15	Chlamyodontidae Stein	1	1	
Tintinnidae Claparède et Lachmann	9	45	Lynchellidae Jankowski	1	1	
Tintinnidiidae Kofoid et Campbell	2	2	Dysteriidae Claparède et Lachmann	2	7	
Undellidae Kofoid et Campbell	2	7	Hartmannulidae Poche	1	1	
Xystonellidae Kofoid et Campbell	3	16	Ancistrocomidae Chatton et Lwoff	9	14	
Lohmanniellidae Montagnes et Lynn	1	1	Sphenophryidae Chatton et Lwoff	1	1	
Strobilidiidae Kahl in Doflein et Reichenow	2	4	Allantosomatidae Jankowski	2	3	
Strombidinopsidae Small et Lynn	1	1	Ephelotidae Kent	1	1	
Halteriidae Claparède et Lachmann	2	2	Metacinetidae Buetschli	1	2	
Oxytrichidae Ehrenberg	9	23	Manuelophryidae Dovgal	1	1	
Trachelostylidae Small et Lynn	3	3	Paracinetidae Jankowski	3	6	
Amphisiellidae Jankowski	2	5	Podophryidae Haeckel	3	6	
Kahliellidae Tuffrau	1	1	Spelaeophryidae Jankowski in Batisse	1	1	
Spirofilidae Von Gelei	3	5	Thecacinetidae Matthes	1	1	

**Cuadro 1.** Continúa

<i>Familias</i>	<i>Géneros</i>	<i>Especies</i>			
Acinetidae Stein	3	7	Cinetochilidae Perty	3	6
Dendrosomidae Buestchli	1	1	Cohnilembidae Kahl	1	3
Pseudogemmidae Jankowski	1	1	Cryptochilidae Berger in Corliss	3	4
Solenophryidae Jankowski	1	1	Entodiscidae Jankowski	2	3
Tokophryidae Jankowski in Small et Lynn	2	7	Entorhipidiidae Madsen	1	1
Trichophryidae Fraipont	2	3	Loxocephalidae Jankowski	3	4
Dendrocometidae Haeckel	1	2	Orchitophryidae Cépède	1	1
Discophryidae Collin	2	4	Paralembidae Corliss et de Puytorac in Small et Lynn	1	3
Enchelyomorphidae Augustin et Foissner	1	1	Paraaronematidae Small et Lynn	1	1
Heliophryidae Corliss	1	1	Philasteridae Kahl	3	3
Periacinetidae Jankowski	1	3	Thigmophryidae Chatton et Lwoff	1	1
Leptopharyngidae Kahl	1	1	Uronematidae Thompson	2	4
Microthoracidae Wrzesniowski	2	3	Calypotrichidae Small et Lynn	1	1
Nassulidae de Fromentel	1	2	Conchophthiridae Kahl in Doflein et Reichenow	1	3
Scaphiodontidae Deroux in Corliss	1	1	Ctedoctematidae Small et Lynn	1	1
Cyrtolophosididae Stokes	1	1	Cyclidiidae Ehrenberg	3	16
Platyophryidae de Puytorac, Pérez-Paniagua et Pérez-Silva	1	1	Pleuronematidae Kent	1	4
Woodruffiidae von Gelei	1	1	Ancistridae Issel	1	4
Bursariidae Bory de St. Vincent	1	1	Hemisperiidae König	3	3
Colpodidae Bory de St. Vincent	1	7	Ichthyophthiriidae Kent	1	1
Incertae sedis Grossglockneriidae Foissner	1	1	Glaucomidae Corliss	3	7
Incertae sedis <i>Balantiophorus elongatum</i>	1	1	Tetrahymenidae Corliss	1	6
Metacystidae Kahl	1	2	Turaniellidae Didier	2	5
Colepidae Ehrenberg	1	11	Conidophryidae Kirby	1	2
Holophryidae Perty	1	2	Astylozoidae Kahl	1	1
Plagiocampidae Kahl	2	2	Epistylididae Kahl	4	22
Prorodontidae Kent	1	4	Lagenophryidae Buetschli	1	6
Urotrichidae Small et Lynn	2	4	Operculariidae Fauré-Fremiet in Corliss	3	8
Malacophryidae Foissner	1	1	Ophryidiidae Ehrenberg	1	1
Plagiopylidae Schewiakoff	2	2	Opisthnectidae Foissner	2	2
Sonderiidae Small et Lynn	1	1	Scyphidiidae Kahl	1	7
Trimyemidae Kahl	1	1	Vaginicolidae de Fromentel	6	34
Discomorphellidae Corliss	1	1	Vorticellidae Ehrenberg	4	36
Mylestomatidae Kahl in Dofelin et Reichenow	2	2	Zoothamniidae Sommer	1	11
Clathrostomatidae Kahl	1	1	Trichodinidae Claus	1	10
Frontoniidae Kahl	1	3	Anoplophryidae Cépède	1	4
Lembadionidae Jankowski in Corliss	1	1	Hoplitophryidae Cheissin	1	1
Parameciidae Dujardin	1	8	Maupasellidae Cépède	1	3
Urocentridae Claparède et Lachmann	1	1	Radiophryidae de Puytorac	1	1
			Totales	<b>332</b>	<b>959</b>

Las especies de ciliados se encuentran distribuidas en 14 provincias biogeográficas y 4 ecorregiones marinas, en éstas últimas se incluyen 117 especies (Fig. 6, Cuadro 2). La provincia que cuenta con el mayor número de especies (435) es el Eje Volcánico mientras que en la Sonorense y en Baja California sólo se ha registrado una especie en cada una de ellas.

Hay 266 especies de ciliados de vida libre en ambientes marinos, 235 de ciliados en ambientes dulceacuícolas y 216 en ambientes salobres (Cuadro 3). Respecto a los simbiontes, hay 147 especies endosimbiontes de

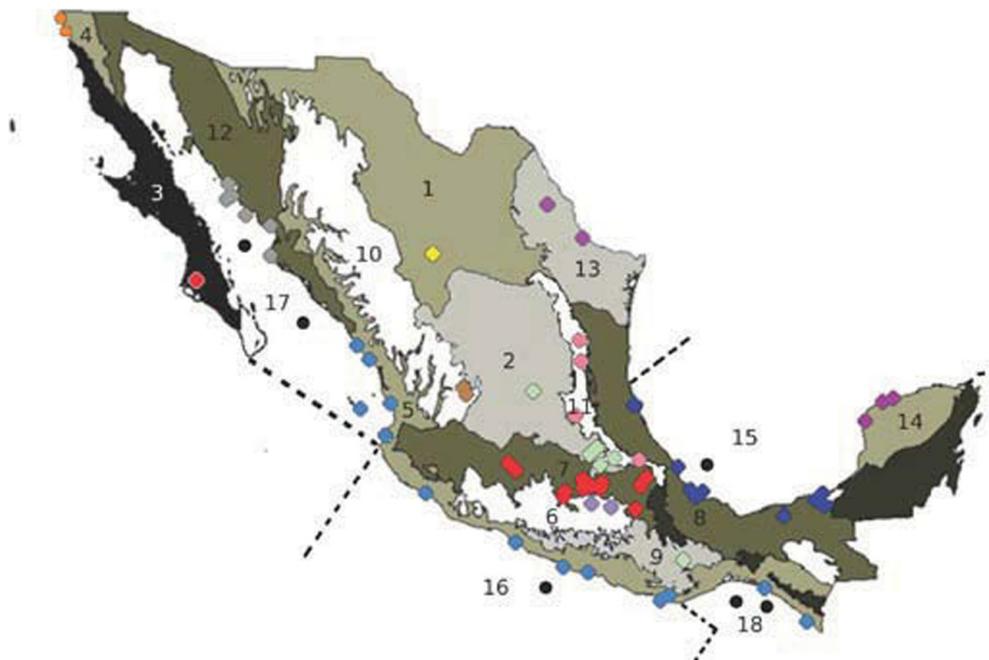


**Figura 5.** Curva acumulativa de especies registradas de ciliados en periodos de 5 años.

vertebrados terrestres, seguido de ectosimbiontes de organismos salobres (131 especies). Algunas especies (89) se han observado adheridas a diversos substratos artificiales (tiras de plástico o portaobjetos) en ambientes acuáticos; del total de las especies, casi el 78% se han observado solamente en un hábitat.

Las provincias Del Cabo, Los Altos de Chiapas, Oaxaca, Petén y Soconusco, albergan una diversidad de zonas y hábitats que representan ambientes potencialmente favorables para el establecimiento de diversos taxa de ciliados, sin embargo a la fecha no se cuenta con ningún registro. Tampoco hay registros de ciliados en las ecorregiones Pacífico Transicional de Monterey, Pacífico Sudcaliforniano, Golfo de México Norte y Mar Caribe. Los estados de la República Mexicana que no presentan ningún registro de ciliados son Coahuila, Quintana Roo, Tlaxcala y Zacatecas, en tanto que en el Distrito Federal y Veracruz han sido registradas 293 y 263 especies, respectivamente, de agua dulce, salobres y marinas.

De acuerdo a Foissner et al. (2008), resulta poco práctico aplicar el término endemismo a los protistas, como es el caso de los ciliados, debido principalmente a que algunas especies se han registrado en diferentes hábitats y localidades a nivel mundial. Un ejemplo de peritrico con una amplia distribución a nivel mundial es *Vorticella microstoma*, la cual en México, como organismo de vida



**Figura 6.** Distribución de las especies de ciliados por provincias biogeográficas (1-14) (Conabio, 1997) y ecorregiones marinas (15-18) (Spalding et al., 2007).

**Cuadro 2.** Número de especies de ciliados distribuidas en las provincias biogeográficas en México

<i>Provincia biogeográfica</i>	<i>Número de especies</i>
1 Altiplano norte	7
2 Altiplano sur	24
3 Baja California	1
4 California	117
5 Costa del Pacífico	69
6 Depresión del Balsas	9
7 Eje Volcánico	435
8 Golfo de México	373
9 Sierra Madre del Sur	32
10 Sierra Madre Occidental	2
11 Sierra Madre Oriental	9
12 Sonorense	1
13 Tamaulipeca	5
14 Yucatán	48
15 Golfo de México Sur*	96
16 Pacífico Transicional Mexicano*	2
17 Golfo de California*	15
18 Pacífico Centro-americano*	4

\* Ecorregiones marinas

**Cuadro 3.** Número de especies de ciliados de acuerdo al hábitat y ambiente

<i>Hábitat y ambiente de los ciliados</i>	<i>Número de especies</i>
Vida libre, salobres	216
Vida libre, dulceacuícola	235
Vida libre, marinos	266
Vida libre, suelo	25
Vida libre, lago salino	7
Simbionte, salobres	131
Simbionte, dulceacuícola	90
Simbionte, marinos	72
Simbionte, endosimbionte	147
Substrato artificial, salobres	3
Substrato artificial, dulceacuícola	35
Substrato artificial, marino	50
Substrato artificial, lago salino	1

libre, epibionte y sobre substrato artificial, se ha registrado en ambientes dulceacuícolas y marinos así como en el suelo.

*Perspectivas.* En la República Mexicana existen numerosos microhábitats que ofrecen los requerimientos mínimos para el establecimiento de poblaciones de ciliados (p. ej. una película de agua o la presencia de un hospedero) y que no han sido explorados, por lo que no se descarta la descripción de nuevos taxa y se torna imprescindible el planteamiento de estudios en varias regiones del país para complementar el conocimiento de la biodiversidad de este grupo de protistas. El estudio de los ciliados en México se ha sustentado principalmente bajo el enfoque taxonómico, y las tendencias de desarrollo tecnológico, la sofisticación de la microscopía fotónica, y en pocos casos electrónica, ha permitido en la mayoría de los casos aportar datos valiosos de la riqueza de especies y su distribución y en menor grado, de aspectos citológicos finos. El aspecto ecológico ha sido primordial para establecer los patrones de distribución de las comunidades en ambientes principalmente lacustre y de lagunas costeras, por lo que es imperante ampliar este aspecto. En el ámbito molecular, el conocimiento es escaso.

Se concluye que el conocimiento taxonómico, ecológico y molecular de los ciliados en México, a la fecha es parcial.

### Agradecimientos

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (DGAPA-PAPIIT-UNAM), Proyecto IN229811 por el financiamiento para trabajo de campo permitiendo complementar los registros en el Eje Volcánico. A la M en C. Maricela E. Vicencio-Aguilar, Facultad de Ciencias, UNAM, por su apoyo en la elaboración de la base de datos de las especies descritas por año.

### Literatura citada

- Adl, S. M., A. G. B. Simpson, C. E. Lane, J. Lukes, D. Bass, S. S. Bowser, M. W. Brown, F. Burki, M. Dunthorn, V. Hampl, A. Heiss, M. Hoppenrath, E. Lara, L. L. Gall, D. H. Lynn, H. McManus, E. A. D. Mitchell, S. E. Mozley-Stanridge, L. W. Parfrey, J. Pawlowski, S. Rueckert, L. Shadwick, C. L. Schoch, A. Smirnov y F. W. Spiegel. 2012. The revised classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59:429-493.
- Aladro-Lubel, M. A. y E. López-Ochoterena. 1967. Protozoarios ciliados de México. XIV. 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., R. Mayén-Estrada y M. Reyes-Santos. 2006. Listados faunísticos de México. XI. Registro actualizado de ciliados (Agosto, 2004). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 97 p.
- Aladro-Lubel, M. A., M. Reyes-Santos, F. Olvera-Bautista y M. N. Robles Briones. 2007. Ciliados y otros protozoos. *In* Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico, A. Lot (Coord.) Universidad Nacional Autónoma de México, México. p. 97-122.
- Aladro-Lubel, M. A., M. Reyes-Santos y F. Olvera-Bautista. 2009. Diversidad de los protozoos ciliados. *In* Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel, A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México. p. 63-70.
- Aladro-Lubel, M. A., M. E. Martínez-Murillo y R. Mayén-Estrada. 1987. Lista de los ciliados bentónicos salobres y marinos registrados en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zología 58:403-448.
- Aladro-Lubel, M. A., M. E. Martínez-Murillo y R. Mayén-Estrada. 1990. Manual de ciliados psamófilos marinos y salobres de México. Cuadernos 9. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 174 p.
- Beltrán, E. 1929. Estudio monográfico de la *Oxytricha pellionella*, Ehr., contribución al conocimiento de los protozoarios del lago de Xochimilco. Memorias de la Sociedad Alzate 49:133-138.
- Bravo-Hollis, H. 1922. Biología del *Chilodon cucullatus*. Revista Mexicana de Biología 3:24-28.
- Bravo-Hollis, H. 1923. Contribuciones para el conocimiento de los Protozoarios Mexicanos. *Tocophrya infusioformis* Stein. Revista Mexicana de Biología 4:74-84.
- Bravo-Hollis, H. 1924. Contribuciones al conocimiento de los Protozoarios Mexicanos. VI. *Gastrostyla steinii* Engelmann. Organó de la Sociedad Mexicana de Biología 4:165-169.
- Bulit, C. y C. Díaz-Avalos. 2009. Patrones de diversidad de ciliados del plancton en la laguna de Chautengo, Guerrero, México. Hidrobiológica 19:109-118.
- Bulit, C., C. Díaz-Avalos y D. J. S. Montagnes. 2009. Scaling patterns of plankton diversity: a study of ciliates in a tropical coastal lagoon. Hydrobiologia 624:29-44.
- Bulit, C., C. Díaz-Avalos y D. J. S. Montagnes. 2011. Estructura espacial de la abundancia y diversidad de los ciliados del microplancton en una laguna costera. Interciencia 36:593-599.
- Conabio. 1997. Provincias biogeográficas de México. Escala 1:4,000,000.
- Chavarría, M. 1933. Estudios protistológicos. I. Fauna del tubo digestivo del toro (*Bos taurus* Linn.) de México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 4:157-179.
- Foissner, W., A. Chao y L. A. Katz. 2008. Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). Biodiversity and Conservation 17:345-363.
- Hausmann, K. y N. Hülsmann. 1996. Protozoology. George Thieme Verlag, Stuttgart. 338 p.
- Jones, A. R. 1974. The Ciliates. Hutchinson University Library, London. 207 p.
- López-Ochoterena, E. 1962. Protozoarios ciliados de México. II. Notas sobre la biología de *Tocophrya quadripartita* (Claparède et Lachmann, 1861) Bütschli, 1889 (Ciliata: Suctorida), en aguas dulces de México. Revista de Biología Tropical 10:1-10.
- López-Ochoterena, E. 1966. Ciliados mesosapróbicos de Chapultepec (Sistemática, morfología, ecología). Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 26:115-246.
- López-Ochoterena, E. 1970. Historia de las investigaciones sobre protozoarios de vida libre de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 31:1-15.
- López-Ochoterena, E. y M. T. Rouré-Cané. 1970. Lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 31:23-68.
- Lugo, A., J. Alcocer, M. R. Sánchez y E. Escobar. 1998. Littoral protozoan assemblages from two Mexican hyposaline lakes. Hydrobiologia 381:9-13.
- Lynn, D. H. 2008. The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature. Springer, New York. 605 p.
- Macek, M., G. Vilaclara y A. Lugo. 1994. Changes in protozoan assemblage structure and activity in a stratified tropical lake. Marine Microbial Food Webs 8:235-249.
- Macek, M., C. Callieri, K. Simek y A. Lugo-Vázquez. 2006. Seasonal dynamics, composition and feeding patterns of ciliate assemblages in oligotrophic lakes covering a wide pH range. Archiv für Hydrobiologie 166:261-287.
- Macek, M., D. Pestová y M. E. Martínez-Pérez. 2008. Seasonal and spatial dynamics of a ciliate assemblage in a warm-monomictic Lake Alchichica. Hidrobiológica 18:25-35.
- Madrado-Garibay, M. y E. López-Ochoterena. 1982. Segunda lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. Revista Latinoamericana de Microbiología 24:281-295.
- Madrado-Garibay, M., E. López-Ochoterena, G. Rico-Ferrat y G. Serrano-Limón. 1988. Especies del Phylum Ciliophora asociadas a animales domésticos, estudiadas en México. VI. Relación taxonómica y bibliográfica. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zología 2:869-882.
- Madrado-Garibay, M., E. López-Ochoterena, G. Rico-Ferrat y G. Serrano-Limón. 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 Zología 61:449-456.
- Mariño-Pérez, R., R. Mayén-Estrada e I. V. Dovgal. 2010. *Periacineta mexicana* n. sp. (Ciliophora, Suctorina, Discophryida), epizoic on Mexican backswimmers of the genus *Buenoa* (Insecta, Hemiptera, Notonectidae). Journal of Eukaryotic Microbiology 57:435-443.
- Matthes, D., W. Guhl y G. Haider. 1998. Suctorina und Urceolariidae (Peritricha). Gustav Fischer Verlag Stuttgart. New York. 309 p.

- Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos, M. Vicencio-Aguilar y R. Aguilar-Aguilar. En prensa. Protozoos. *In* Biodiversidad del Distrito Federal. Estudio de Estado, Z. Cano-Santana (ed.). Conabio-Gobierno del D. F.
- Osorio-Tafall, B. F. 1941. Tintinnidos nuevos o poco conocidos del plancton nerítico de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 2:147-174.
- Sámamo, B. A. y D. Sokoloff. 1931. La Flora y Fauna de aguas dulces del Valle de México. *Monografías del Instituto de Biología México* 1:5-49.
- Santamaría del Angel, E. M. 1985. Tintinnida de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 236 p.
- Spalding, M. D., H. E. Fox, G. R. Allen, N. Davidson, Z. A. Ferdaña, M. Finlayson, B. S. Halpern, M. A. Jorge, A. Lombana, S. A. Lourie, K. D. Martin, E. McManus, J. Molnar, C. A. Recchia y J. Robertson. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57:573-583.
- Sokoloff, D. 1930a. Contribución al estudio del aparato nuclear de los infusorios hypotrichos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 1:253-264.
- Sokoloff, D. 1930b. *Stentor oligonucleatus* sp. nov. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 2:165-166.
- Sokoloff, D. 1936. Análisis hidrobiológico del Manantial de la Mora de Actopan, Hgo. Ciliata, Flagellata, Rhizopoda. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 5:287-303.
- Stoecker, D. K., M. W. Silver, A. E. Michaels y L. H. Davis. 1988. Obligate mixotrophy in *Laboea strobila*, a ciliate which retains chloroplasts. *Marine Biology* 99:415-423.