

Diversidad de los protozoos ciliados

Ma. Antonieta Aladro Lubel, Margarita Reyes Santos y Fernando Olvera Bautista.

Laboratorio de Protozoología, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

maal@hp.fciencias.unam.mx

Introducción

Los ciliados son protozoos caracterizados por presentar cilios por lo menos en una etapa de su ciclo de vida, por exhibir dualismo nuclear y llevar a cabo el proceso sexual conocido como conjugación. Son considerados como el grupo de protozoos más homogéneo, por lo que su monofilia es ampliamente reconocida.

De las aproximadamente 8000 especies de ciliados conocidas hasta la fecha, las dos terceras partes son de vida libre, con una amplia distribución mundial en cualquier hábitat donde el agua se encuentre acumulada y sus recursos alimentarios estén presentes, siendo estos dos factores determinantes en su supervivencia, así como el número de especies en una localidad. Los ciliados son muy comunes en el plancton y en el bentos marino, de aguas dulces y salobres, así como en el suelo y en ambientes extremos, tales como las aguas termales y las aguas frías del Antártico y Ártico (Lynn, 2001). El papel que desempeñan los ciliados en el funcionamiento de los ecosistemas es clave, pues están vinculados al flujo de energía y los ciclos de los nutrientes (Anderson, 1987).

Los cuerpos de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, constituyen sitios ideales para observar la gran diversidad de protozoos que habitan en la columna de agua y en los sedimentos, así como la asociación que presentan con las diferentes especies de algas, plantas acuáticas (Aladro-Lubel *et al.*, 2007) y animales presentes en el lugar.

Muchas de las especies de protozoos que se encuentran en el medio acuático también se pueden encontrar en el suelo, especialmente si existe cierta humedad. Hay especies que carecen de una superficie protectora y dependen de una humedad relativa en el medio para poder alimentarse y crecer. Sin embargo, un buen número de protozoos son capaces de formar un quiste durante la época de secas o bajo condiciones desfavorables. En general, se ha estimado que el grosor mínimo de la película de agua que se requiere para que pueda darse la actividad de los protozoos es de 3 μm , ya que por debajo de este límite, éstos mueren o se enquistan (Alabouvette *et al.*, 1981).

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer la diversidad de los protozoos ciliados, tanto libres nadadores como sésiles, identificados en varios sitios de los estanques de la Cantera Oriente, que constituye la Zona de Amortiguamiento A 3 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Este estudio también puede servir como referencia para futuras investigaciones que se lleven a cabo en otros sitios de la Reserva Ecológica, con las condiciones de humedad anteriormente señaladas.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo durante varios meses de 2006 y 2007.

Se recolectaron muestras de agua y sedimento de diferentes sitios de La Cantera, entre los que se cuentan los canales (Fig. 1), los bordes de las comunidades de



FIG. 1. Vista de un canal de la Cantera Oriente.

Typha latifolia, los sitios en los que estaba presente la fanerógama *Stuckenia pectinata* (Potamogetonaceae) y en los que se presentaba el alga *Oedogonium* sp.

Se siguieron las técnicas de recolección de las muestras en el campo, de mantenimiento y de cultivo en el laboratorio descritas en Aladro-Lubel *et al.* (2007).

De manera complementaria se inició un estudio sobre la comunidad de ciliados sésiles, para lo cual se colocaron bajo el agua tiras de plástico (Aladro-Lubel y Martínez-Murillo, 1999) y portaobjetos como sustratos artificiales. A las tiras de plástico se les adhirió un cordel delgado el cual se sujetó a dos estructuras fijas en el estanque, mientras los portaobjetos se colocaron verticalmente, clavándolos por uno de sus extremos sobre una tabla de poliuretano. Una vez que estas estructuras estuvieron sumergidas, cada tres días durante un mes, se extrajo una porción de la tira y un portaobjetos. Estos sustratos artificiales se colocaron en una caja de Petri con agua del medio para su transporte.

En el laboratorio se analizaron bajo el microscopio óptico con contraste de fases y contraste diferencial

de interferencia (DIC). Se realizaron algunas técnicas micrográficas (nigrosina-cloruro de mercurio-formol, hematoxilina, tricómica y la argéntica en seco) (Lee *et al.*, 1985), para resaltar varias estructuras que nos permiten identificar a las diferentes especies de ciliados. El registro microfotográfico se realizó con la cámara Nikon Digital Sight DS-2MV[®] adaptada al microscopio Nikon Labophot-2[®]

Resultados

Se registró un total de 75 especies de ciliados en los diferentes cuerpos de agua de la Cantera Oriente, las cuales pertenecen a 53 géneros, 39 familias, 22 órdenes, 11 subclases, ocho clases y dos subphyla. Del número total de especies de ciliados encontradas, nueve de ellas fueron determinadas sólo a nivel de género.

De acuerdo con su forma de vida, los ciliados observados, corresponden a dos grupos: los libres nadadores (Fig. 2) y los sésiles (por lo menos en una parte de su ciclo de vida) (Fig. 3). El 60% de las especies observadas pertenece al primer grupo, y el 40% restante a los sésiles.

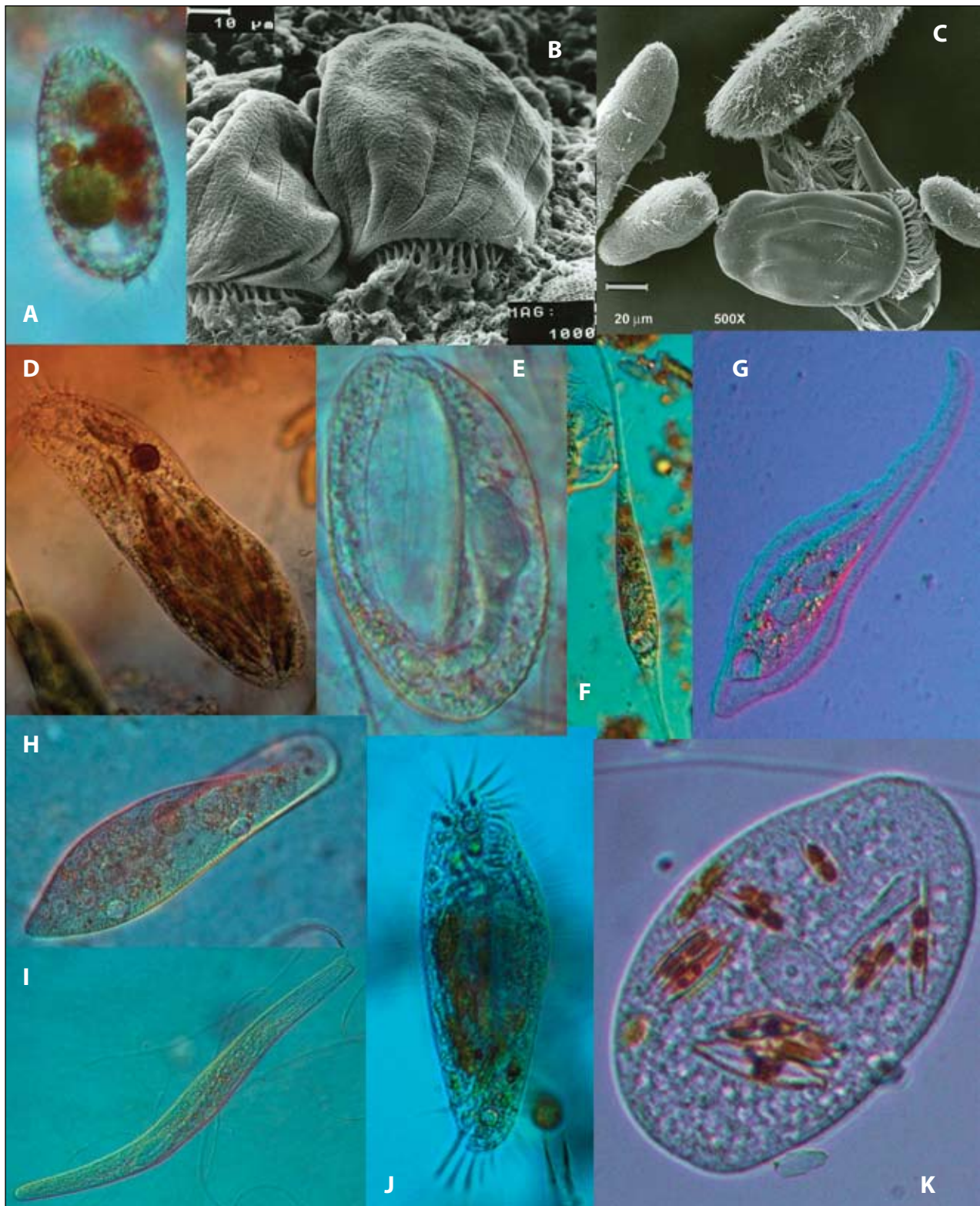


FIG. 2. Ciliados libres nadadores (40x). Se señala con un asterisco las micrografías electrónicas de barrido.
 A) *Coleps hirtus* B) *Euplotes eurystomus** C) *Euplotes-Paramecium** D) *Holosticha monilata* E) *Lembadion lucens* F) *Litonotus cygnus*
 G) *Loxophyllum helus* H) *Paramecium caudatum* I) *Spirostomum teres* J) *Tachysoma pellionellum* K) *Trithigmostoma cucullulus*

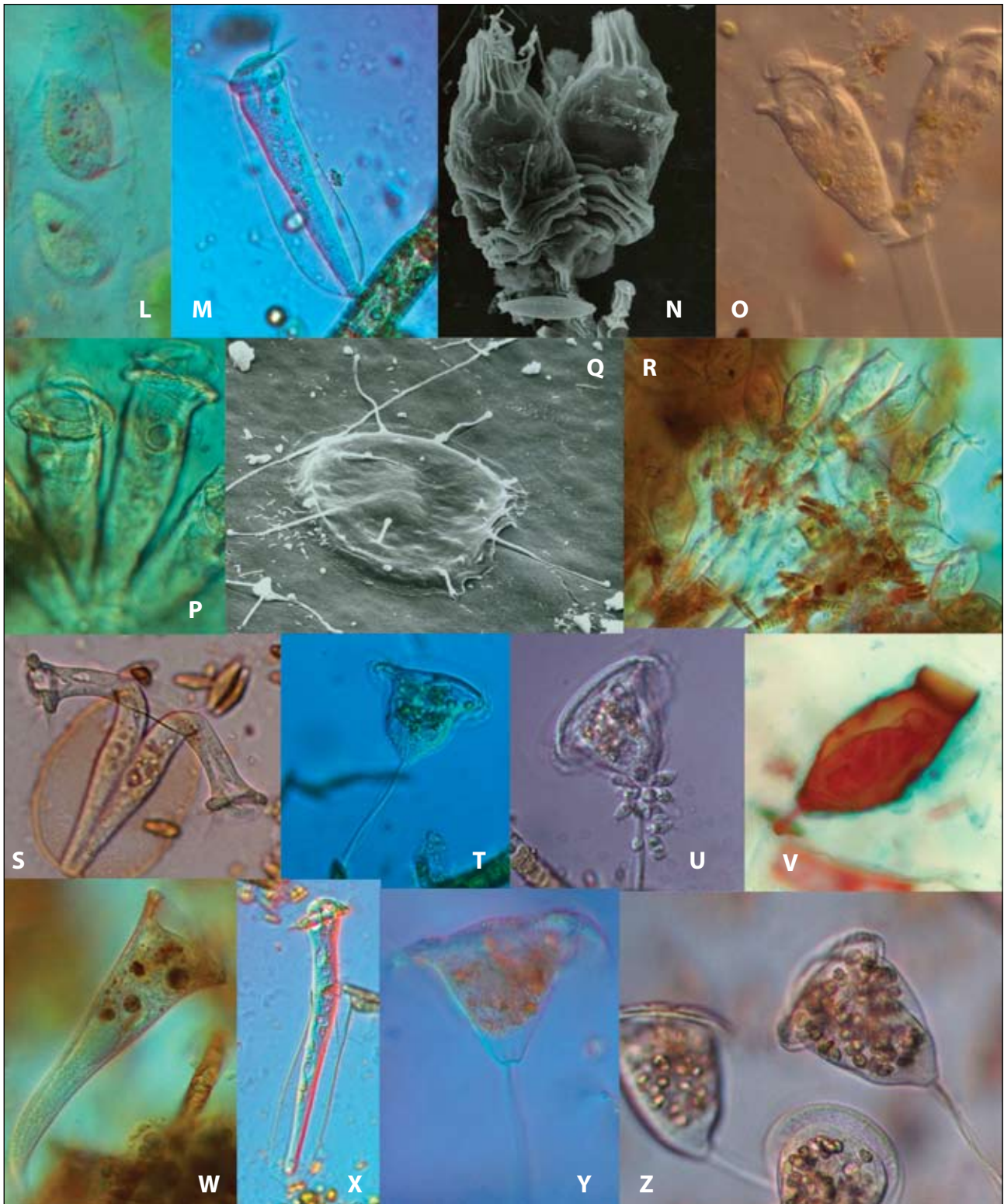


FIG. 3. Ciliados sésiles epibiontes (40×). Se señala con asterisco las micrografías electrónicas de barrido.
 L) *Calyptotricha pleuronemoides* M) *Cothurnia annulata* N) *Epistylis entzii** O) *Epistylis entzii* P) *Epistylis plicatilis* Q) *Heliophrya minima**
 R) *Opercularia* sp. S) *Platycola decumbens* T) *Pseudovorticella chlamyphora* U) *Pseudovorticella monilata* V) *Pyxicola annulata* W) *Stentor igneus*
 X) *Thuricola folliculata* Y) *Vorticella campanula* Z) *Vorticella chlorellata*

Se determinaron 15 nuevos registros para México (Aladro-Lubel *et al.*, 2007), los cuales aparecen con un asterisco en la lista taxonómica que se presenta a continuación. En dicha lista se señala con ☐ a los ciliados libres nadadores y con ▲ a los sésiles. La lista sigue la clasificación de Lynn y Small (2000).

Phylum **CILIOPHORA** Doflein, 1901
 Subphylum **POSTCILIODESMATOPHORA** Gerassimova & Seravin, 1976
 Clase Karyorelictea Corliss, 1974
 Orden Loxodida Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Familia Loxodidae Bütschli, 1889
Loxodes sp. ☐
 Clase Heterotricha Stein, 1859
 Orden Heterotrichida Stein, 1859
 Familia Blepharismidae Jankowski en Small & Lynn, 1985
Blepharisma americanum (Suzuki, 1954) ☐
 Familia Spirostomidae Stein, 1867
Spirostomum minus (Roux, 1901) ☐
Spirostomum teres Claparède & Lachmann, 1858 ☐
 Familia Stentoridae Carus, 1863
Stentor coeruleus (Pallas, 1766) ▲
Stentor igneus Ehrenberg, 1838 ▲
Stentor polymorphus (Müller, 1773) ▲
 Subphylum **INTRAMACRONUCLEATA** Lynn, 1996
 Clase Spirotrichea Bütschli, 1889
 Subclase Hypotrichia Stein, 1859
 Orden Euplotida Small & Lynn, 1985
 Suborden Euplotina Small & Lynn, 1985
 Familia Aspidiscidae Ehrenberg, 1838
Aspidisca cicada (Müller, 1786) ☐
Aspidisca turrita (Ehrenberg, 1831) ☐
 Familia Euplotidae Ehrenberg, 1838
Euplotes aediculatus Pierson, 1943 ☐
Euplotes eurystomus Wrześniowski, 1870 ☐
Euplotes trisulcatus Kahl, 1932 ☐
Euplotes woodruffi Gaw, 1939 ☐
 Subclase Choreotrichia Small & Lynn, 1985
 Orden Choreotrichida Small & Lynn, 1985
 Suborden Strobilidiina Small & Lynn, 1985
 Familia Strobilidiidae Kahl en Doflein & Reichenow, 1929
Strobilidium sp. ☐
 Subclase Stichotrichia Small & Lynn, 1985
 Orden Urostylida Jankowski, 1979
 Familia Urostylidae Bütschli, 1889
Holosticha monilata Kahl, 1928 ☐
 Orden Sporadotrichida Fauré-Fremiet, 1961
 Familia Oxytrichidae Ehrenberg, 1838
Oxytricha fallax Stein, 1859 ☐
Stylonychia mytilus complejo ☐

Tachysoma pellionellum (Müller, 1773) ☐
 Subclase Oligotrichia Bütschli, 1887
 Orden Halteriida Petz & Foissner, 1992
 Familia Halteriidae Claparède & Lachmann, 1858
Halteria grandinella (Müller, 1773) ☐
**Pelagohalteria cirrifera* (Kahl, 1932) ☐
Sedis mutabilis en el Subphylum Intramacronucleata
 Orden Armophorida Jankowski, 1964
 Familia Metopidae Kahl, 1927
**Brachonella spiralis* (Smith, 1897) ☐
Metopus es (Müller, 1786) ☐
 Clase Litostomatea Small & Lynn, 1981
 Subclase Haptoria Corliss, 1974
 Orden Haptorida Corliss, 1974
 Familia Lacrymariidae de Fromentel, 1876
Lacrymaria olor (Müller, 1786) ☐
**Phialina sp.* ☐
 Orden Pleurostomatida Schewiakoff, 1896
 Familia Amphileptidae Bütschli, 1889
**Amphileptus pleurosigma* (Stokes, 1884) ☐
 Familia Litonotidae Kent, 1882
Litonotus cygnus (Müller, 1773) ☐
Litonotus lamella (Müller, 1773) ☐
Loxophyllum helus (Stokes, 1884) ☐
 Clase Phyllopharyngea de Puytorac *et al.*, 1974
 Subclase Phyllopharyngia de Puytorac *et al.*, 1974
 Orden Chlamyodontida Deroux, 1976
 Familia Chilodonellidae Deroux, 1970
Chilodonella uncinata (Ehrenberg, 1838) ☐
Trithigmostoma cucullulus (Müller, 1786) ☐
Trithigmostoma sp. ☐
 Familia Lynchellidae Jankowski, 1968
**Chlamydonellopsis plurivacuolata* Blatterer & Foissner, 1990 ☐
 Orden Dysteriida Deroux, 1976
 Familia Dysteriidae Claparède & Lachmann, 1858
Trochilia minuta (Roux, 1899) ☐
 Subclase Suctorina Claparède & Lachmann, 1858
 Orden Exogenida Collin, 1912
 Familia Metacinetidae Bütschli, 1889
Metacineteta micraster (Penard, 1914) ▲
 Familia Podophryidae Haeckel, 1866
Podophrya fixa (Müller, 1786) ▲
 Orden Endogenida Collin, 1912
 Familia Trichophryidae Fraipont, 1878
Heliophrya minima (Rieder, 1936) ▲
 Familia Tokophryidae Jankowski en Small & Lynn, 1985
Tokophrya fasciculata (López-Ochoterena, 1964) ▲
Tokophrya lemnae (Stein, 1859) ▲
 Orden Evaginogenida Jankowski en Corliss, 1979
 Familia Discophryidae Collin, 1912
Discophrya elongata (Claparède & Lachmann, 1859) ▲
 Clase Nassophorea Small & Lynn, 1981

Orden Microthoracida Jankowski, 1967
 Familia Microthoracidae Wrzeźniowski, 1870
 **Microthorax pusillus* Engelmann, 1862 ☒

Clase Prostomatea Schewiakoff, 1896
 Orden Prostomatida Schewiakoff, 1896
 Familia Colepidae Ehrenberg, 1838
Coleps hirtus (Müller, 1786) ☒

Clase Oligohymenophorea de Puytorac *et al.*, 1974
 Subclase Peniculia Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Orden Peniculida Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Suborden Frontoniina Small & Lynn, 1985
 Familia Lembadionidae Jankowski en Corliss, 1979
 **Lembadion lucens* (Maskell, 1887) ☒

Familia Frontoniidae Kahl, 1926
Frontonia acuminata (Ehrenberg, 1833) ☒
Frontonia leucas (Ehrenberg, 1833) ☒

Suborden Parameciina Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Familia Urocentridae Claparède & Lachmann, 1858
Urocentrum turbo (Müller, 1786) ☒

Familia Parameciidae Dujardin, 1840
Paramecium aurelia complejo ☒
Paramecium bursaria (Ehrenberg, 1831) ☒
Paramecium caudatum complejo ☒

Subclase Scuticociliatia Small, 1967
 Orden Philasterida Small, 1967
 Familia Cinetochilidae Perty, 1852
Cinetochilum margaritaceum (Ehrenberg, 1831) ☒

Familia Loxocephalidae Jankowski, 1964
 **Dexiotricha granulosa* (Kent, 1881) ☒

Orden Pleuronematida Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Familia Calyptotrichidae Small & Lynn, 1985
 **Calyptotricha pleuronemoides* Phillips, 1882 ▲

Familia Cyclidiidae Ehrenberg, 1838
Cyclidium glaucoma Müller, 1773 ☒

Subclase Hymenostomatia Delage & Hérouard, 1896
 Orden Hymenostomatida Delage & Hérouard, 1896
 Suborden Tetrahymenina Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Familia Tetrahymenidae Corliss, 1952
Tetrahymena pyriformis complejo ☒

Familia Turaniellidae Didier, 1971
Colpidium colpoda (Losana, 1829) ☒

Familia Glaucomidae Corliss, 1971
Glaucoma scintillans Ehrenberg, 1830 ☒

Subclase Peritrichia Stein, 1859
 Orden Sessilida Kahl, 1933
 Familia Vaginicolidae de Fromentel, 1874
Cothurnia annulata Stokes, 1885 ▲
Platycola decumbens (Ehrenberg, 1830) ▲
 **Pyxicola annulata* Leidy, 1882 ▲
Thuricola folliculata Kent, 1881 ▲

Familia Vorticellidae Ehrenberg, 1838
Carchesium polypinum (Linnaeus, 1758) ▲

**Haplocaulus sp.* ▲
Pseudovorticella chlamydophora (Penard, 1922) ▲
Pseudovorticella monilata (Tatem, 1870) ▲
Vorticella aquadulcis complejo ▲
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831 ▲
 **Vorticella chlorellata* Stiller, 1940 ▲
 **Vorticella chlorostigma* (Ehrenberg, 1831) ▲
Vorticella convallaria complejo ▲
V. microstoma complejo ▲
 Familia Operculariidae Fauré-Fremiet en Corliss, 1979
Opercularia spp. ▲
 Familia Epistylididae Kahl, 1933
 **Epistylis entzii* Stiller, 1935 ▲
Epistylis plicatilis Ehrenberg, 1831 ▲
Epistylis sp. ▲
Rhabdostyla sp. ▲

Discusión

Los ciliados libres nadadores presentan una amplia distribución en los cuerpos de agua, que abarca, en general, la totalidad de la columna de agua, así como el fondo, en donde se encuentran los sedimentos ricos en materia orgánica y bacterias que son una fuente alimentaria fundamental para muchos ciliados. Además, la comunidad de ciliados se caracteriza por presentar una diversidad morfológica expresada en los diversos patrones ciliares, tanto somáticos como bucales (Fig. 2).

Entre las especies sésiles (Fig. 3), observadas en los sustratos naturales y artificiales, 20 corresponden a la Subclase Peritrichia y al Orden Sessilida caracterizado por presentar un pedúnculo o una loriga, estructuras con las cuales se adhieren a los diversos sustratos tanto naturales (tales como hojas y raíces de fanerógamas, algas y animales acuáticos entre otros) como artificiales (tales como las tiras de plástico y los portaobjetos utilizados). A la vez, el pedúnculo y la loriga pueden servir de sustrato para que otros organismos se establezcan sobre estas estructuras, como es el caso de los coanoflagelados que se adhieren a la región que se localiza entre el cuerpo y el pedúnculo de *Pseudovorticella monilata* (Fig. 3U). Los géneros de peritricos sesilinos pertenecen a las familias Vaginicolidae (ciliados lorigados, con o sin pedúnculo: *Cothurnia*, *Platycola*, *Pyxicola* y *Thuricola*); familia Vorticellidae (solitarios, gregarios o coloniales, la mayoría sin loriga, cada zooide presenta su pedúnculo contráctil independiente: *Carchesium*, *Haplocaulus*,

Pseudovorticella y *Vorticella*, género con el mayor número de especies observadas en el presente trabajo); familia Operculariidae (coloniales y solitarios, pedunculados con su disco peristomal elevado y delgado: *Opercularia*) y la familia Epistylididae (coloniales o solitarios, pedunculados con o sin loriga, el disco peristomal no elevado ni delgado: *Epistylis* y *Rhabdostyla*).

Los suctores son otro grupo importante de organismos sésiles cuyos trofontes presentan varios tentáculos por medio de los cuales atrapan a su presa, utilizando a unos orgánulos denominados haptocistos (extrusomas) que se encuentran en las puntas de los tentáculos, posteriormente la presa es succionada al interior de su cuerpo. Se registraron seis especies de suctores pertenecientes a los géneros *Metacineta*, *Podophrya*, *Heliophrya*, *Tokophrya* y *Discophrya*. Los suctores pueden o no presentar pedúnculo, el cual se caracteriza por no ser contráctil, y también pueden o no tener una loriga. De los géneros determinados, sólo *Heliophrya* carece de pedúnculo, por lo que logra la adherencia al sustrato a través de su cuerpo discoidal.

Se registraron tres especies del género *Stentor*. Éstas se caracterizan por su forma cónica o de trompeta, su contractibilidad y coloración. Un ejemplo es *Stentor coeruleus*, que presenta un color azul-verde debido a un pigmento denominado estentorina; *S. igneus* (Fig. 3W) por su parte puede o no presentar una coloración rosada. En el caso de *S. polymorphus*, su coloración verdosa se debe a los endosimbiontes que alberga. Los organismos de este género se fijan al sustrato por la parte posterior de su cuerpo, la cual se encuentra adelgazada y algunas especies pueden formar un tubo gelatinoso.

Por último, entre las especies sésiles observamos a *Calyptotricha pleuronemoides* (Fig. 3L), que se adhiere al sustrato por medio de una loriga.

Como se mencionó anteriormente, muchas de las especies de protozoos (amebas, flagelados y ciliados) se encuentran en los diferentes cuerpos de agua dulce, aunque también se pueden encontrar en lugares más secos, como el suelo. En este caso, las mayores densidades de protozoos se encuentran cerca de las raíces de las plantas terrestres, en donde los componentes orgánicos liberados por éstas permiten un aumento de la densidad de bacterias, las cuales constituyen la base alimentaria de muchos protozoos. También existen evidencias que indican que los protozoos promueven la mineralización de los nutrientes esenciales, mejorando de esta manera el crecimiento de las plantas. Por otro lado, los protozoos también tienen un papel fundamental en las tramas alimentarias de los invertebrados del suelo, al ser las presas de los nemátodos los cuales a su vez son consumidos por los microartrópodos (Griffiths, 1994).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es un área natural que tiene un gran potencial para el estudio de varios grupos de protozoos como los ciliados, los flagelados, las amebas desnudas y las testadas. La topografía particular del lugar proporciona una amplia gama de microhábitats adecuados para la vida de varios grupos de estos microorganismos. El suelo, los pequeños reservorios de agua que se forman principalmente en la época de lluvias, así como el agua que se acumula en algunas epífitas del lugar, entre otros, son biotopos ideales para el desarrollo de estos organismos. Rzedowski (1954) señala, además, la formación de pequeños charcos en lugares donde el espesor de la roca volcánica es bajo y el agua freática llega a alcanzar la superficie, lo que sugiere que es posible que se presenten de manera natural algunos microambientes propicios para el desarrollo de los protozoos en el Pedregal de San Ángel.

Agradecimientos

Al Biól. Armando Zepeda Rodríguez por su valioso apoyo en la obtención de las micrografías electrónicas de barrido.

Literatura citada

- ALABOUVETTE C., M. M. COÛTEAUX, K. M. OLD, M. PUSSARD, O. REISINGER Y F. TOUTAIN 1981. Les protozoaires du sol: Aspects écologiques et méthodologiques. *Année Biologique*, **20**: 255-303.
- ALADRO-LUBEL M. A. Y M. E. MARTÍNEZ-MURILLO 1999. First description of the lorica of *Metacystis truncata* and its occurrence on *Thalassia testudinum*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **46**(3): 311-317.
- ALADRO-LUBEL M. A., M. REYES-SANTOS, F. OLVERA-BAUTISTA Y M. N. ROBLES-BRIONES 2007. Ciliados y otros protozoos. Pp. 97-122, en: Lot, A. (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ANDERSON O. R. 1987. Comparative Protozoology. Ecology, physiology, life history. Springer-Verlag, Berlín.
- GRIFFITHS B. S. 1994. Soil nutrients flow. Pp. 65-91, en: Darbyshire, J.F. (ed.). Soil protozoa. CAB International, Wallingford.
- LEE J. J., E. SMALL, D. LYNN Y E. BOVEE 1985. Some techniques for collecting, cultivating and observing protozoa. Pp.1-7, en: Lee, J., S. Hutner y E. Bovee (eds.). An illustrated guide to the Protozoa. Society of Protozoologists. Allen Press. Lawrence, Kansas.
- LYNN D. H. 2001. Ciliophora. Encyclopedia of Life Sciences/ Nature Publishing Group/ www.els.net
- LYNN D. H. Y E. B. SMALL 2000. Phylum Ciliophora. Pp. 371-656, en: Lee, J.J., G.F. Leedale y P. Bradbury (eds.). An illustrated guide to the Protozoa. 2a ed. Society of Protozoologists. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- RZEDOWSKI J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. **8**: 59-129.