

LA BIODIVERSIDAD EN CAMPECHE



Foto: Jorge Benítez, EPOMEX-UAG

DIVERSIDAD DE ESPECIES

IV

Julia Ramos Miranda
Coordinadora

A nivel mundial, México se encuentra en los primeros lugares de lista de especies, contando con 64 878 especies (Mittermeier y Goettsch, 1992). Ocupa el cuarto lugar en el número de especies de plantas y anfibios, el primero en reptiles y el segundo en mamíferos (SEMARNAP, 1999). El estado de Campeche, abarca una superficie total de 57 924 km² (INEGI, 2005) y su clima tropical, le es privilegiado a la gran cantidad de especies que alberga. En la presente sección, se presenta un diagnóstico de la biodiversidad encontrada en Campeche, que incluye los reinos Monera, Fungi, Protista, Vegetal y Animal. En cada uno se incluye la diversidad, distribución, importancia, situación, amenazas y acciones para su conservación. En general se han identificado hasta el momento 88 diferentes microorganismos (entre géneros y especies), 154 especies de hongos, 103 de foraminíferos y 90 de ostrácodos, 242 de macroalgas, 5 de pastos marinos, 5 de manglar, 1 250 de plantas (base de datos Universidad Autónoma de Campeche). De las 145 familias de plantas registradas, las más importantes por su número de géneros y especies son: Fabaceae, Poaceae, Orchidaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae y Bromeliaceae. Aunque también están representadas las familias Annonaceae, Boraginaceae, Cactaceae, Cyperaceae, Heliconaceae, Icanaceae, Orchidaceae, y Polygonaceae. En cuanto a la fauna se encuentran 240 crustáceos, 660 moluscos, 74 de equinodermos, 322 de poliquetos, 356 de peces marinos, 61 de peces de ambientes dulceacuícolas, 21 anfibios, 99 reptiles, 489 aves, 15 mamíferos acuáticos y 105 de mamíferos terrestres. De esta manera esta sección reporta un total de 4 379 especies registradas hasta el momento en el Estado. Se reconoce la necesidad y falta de estudios de biodiversidad en el estado, principalmente insectos y arácnidos. Asimismo, se discute que las principales amenazas para su conservación son: la alteración de hábitats (cambios en el uso de suelo), la sobreexplotación, la contaminación química (agroquímicos, fertilizantes, hidrocarburos y metales), el cambio climático, la introducción de

especies y el incremento en la urbanización por el crecimiento de la población humana. Finalmente se señalan las políticas de conservación y manejo de la biodiversidad biológica actuales y de manera general se coincide en preservar y mantener las políticas de conservación. Campeche actualmente cuenta con el 40% de su superficie bajo un régimen de protección ecológica, tanto federal como estatal, considerando 8 áreas protegidas. Dentro de esas áreas se localizan ecosistemas representativos a nivel nacional, como la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Reserva de la Biosfera “Los Petenes”, la Reserva de la Biosfera “Ría Celestún”, el Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”, las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica “Balam Kin” y “Balam Ku” y dos áreas de carácter municipal “Salto Grande” en Candelaria y la “Laguna Ik” en Hopelchen. De ellos es importante mencionar que el Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”, la playa tortugera de Chénkan y la Reserva de la Biosfera de los Petenes son actualmente Sitios RAMSAR, lo que les confiere una importancia internacional especialmente como hábitats de aves acuáticas.

REFERENCIAS

- INEGI, 2006. Marco Geoestadístico Municipal, II Censo de Población y Vivienda 2005 (MGM-II Censo 2005) Versión 1.0.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch, 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. p. 57-62. En: México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México.
- Semarnap, 1999. Biodiversidad. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. México.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

Diversidad microbiana

*Benjamín Otto Ortega-Morales
y Susana del Carmen de la Rosa García*

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos incluyen a organismos procariontes (dominios *Bacteria* y *Arquea*), eucariontes (dominio *Eukarya* que abarca a los hongos microscópicos, microalgas y protozoarios) y organismos acelulares (virus). Con el advenimiento de las herramientas de biología molecular, se han resuelto en gran parte las limitaciones metodológicas asociadas con el estudio de microorganismos de origen ambiental (Zengler *et al.*, 2002), los resultados obtenidos han puesto en relieve a los microorganismos como los probablemente organismos más diversos y abundantes en la biosfera (Kuo y Garrity, 2001). En este sentido, un renovado interés se ha despertado por conocer la magnitud real de la diversidad microbiana desde un punto de vista cuantitativo. A este respecto, aunque sesgadas y propensas a diversas críticas, se han logrado algunas estimaciones que establecen que los dominios *Bacteria* y *Arquea* consisten probablemente de varios millones de especies, mientras que los hongos pueden alcanzar 1.5 millones de especies (Hammond, 1995). Estas estimaciones deben sin embargo, ser consideradas con precaución ya que la novedad de nuevas descripciones no sólo ocurren a nivel de “especie” sino incluso a nivel de división o phylum en el caso particular de las bacterias (Hawskworth, 1995; Rossman, 1994; Harvey, 2000; Holt *et al.*, 2001; Bäckhed, 2005).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

El tópico de biogeografía microbiana existe desde hace más de 100 años. Sin embargo, hoy en día existen pocos estudios rigurosos que muestren patrones biogeográficos para las distintas especies microbianas. En términos generales, ha prevalecido la visión de que los microorganismos son cosmopolitas (Baas-Becking, 1934). No obstante, existen razonamientos teóricos recientes que sostienen la existencia, tanto de microorganismos cosmopolitas como nativos, tanto en mi-

croorganismos patógenos como de vida libre (Finlay y Clarke, 1999; Staley y Gosink, 1999).

En Campeche los estudios sobre diversidad se han encaminado esencialmente a describir de manera general la composición de algunas comunidades microbianas particulares (biofilms) en ambientes tanto marinos como terrestres, pero sin tratar de conocer los patrones de distribución. No obstante en dos diferentes ambientes intermareales (Bahía de Xpicob y estero de Sabancuy) se ha demostrado por enfoque molecular (cultivo-independiente) como por medio de aislamiento y microscopia, que las cianobacterias son los colonizadores más abundantes en la zona intermareal rocosa (tabla 1). Con una diversidad que abarca 12 géneros, de los cuales la mayoría corresponde a diferentes tipos morfológicos de los géneros *Pleurocapsa* Waterbury et Stanier, *Microcoleus* Desmazieres, *Calothrix* Agardh y *Stigonema* Agardh.

En la bahía de Xpicob un análisis de diversidad de biofilms microbianos asociados a diferentes superficies (hojas de *Thalassia testudium*, cupones de cobre y rocas) usando herramientas moleculares se detectaron 22 secuencias, las cuales se ubicaron en cuatro divisiones bacterianas, dentro del dominio *Bacteria*. De estas, dos pertenecen al phylum Bacteroidetes (*Flexibacter tractuosus* y *Lewinella persicus*), dos Actinobacteria (*Rubrobacter radiotolerans* y *Frankia* sp.) y Proteobacterias (*Mesorhizobium* sp., *Mesorhizobium loti*, *Rhodovulum strictum*, *Porphyrobacter sanguineus* y *Pseudomonas* sp.) (Narváez-Zapata et al., 2005).

Con lo que respecta al estudio de biofilms terrestres, estos se han centrado esencialmente de las comunidades microbianas subaéreas asociadas a monumentos Mayas (tabla 2). Estas comunidades forman parte de las comunidades microbianas aeroterrestres que se desarrollan en todas las superficies naturales o artificiales expuestas a la atmósfera (Karsten et al., 2007). De la misma manera que los biofilms epilíticos intermareales, en las superficies pétreas de monumentos Mayas, estas comunidades están generalmente dominadas por

Tabla 1. Composición de algunas comunidades microbianas (biofilms) en dos ambientes intermareales diferentes del estado de Campeche.

Sustrato	Microorganismos División y/o especie (No.)	Lugar	Referencia
Biofilms epilíticos marino+	Cianobacterias cocoidales * <i>Pleurocapsa</i> sp. Cianobacterias filamentosas* <i>Lyngbya</i> sp. <i>Microcoleus</i> sp. <i>Oscillatoria</i> sp. <i>Phormidium</i> sp. <i>Schizothrix</i> sp. <i>Spirulina</i> sp. <i>Stigonema</i> sp. <i>Calothrix</i> sp.	Estero de Sabancuy	Ortega-Morales et al., 2005a
Biofilm epilíticos marino	Bacteroidetes* <i>Flexibacter tractuosus</i> (4)† <i>Lewinella persicus</i> (2)† Cianobacterias cocoidales* <i>Chroococciopsis</i> sp. (5)† <i>Myxosarcina</i> sp. (1)† <i>Xenococcus</i> sp. (3)† Alfaprotobacteria * <i>Mesorhizobium loti</i> (1)† <i>Mesorhizobium</i> sp. (1)† <i>Porphyrobacter sanguineus</i> (1)† <i>Rhodovulum strictum</i> (1)† Gammaprotobacteria * <i>Pseudomonas</i> sp. (1)† Actinobacterias* <i>Rubrobacter radiotolerans</i> (1)† <i>Frankia</i> sp. (1)†	Bahía de Xpicob	Narváez-Zapata et al., 2005
Hojas (<i>Thalassia testudium</i>) Cupones de cobre Rocas	Bacterias Gram-positivas* esporulada Bacillus spp. (6)† No esporulada Microbacterium sp. (1)†	Golfo de México	Ortega-Morales et al., 2007

+ No se determinó el número de aislamientos, *Número de géneros, † Número de secuencias. (Tomada de Ortega-Morales et al., 2005a).

organismos fototróficos, identificándose hasta el momento 52 géneros microbianos. Las más abundantes son las cianobacterias de forma cooide con 24 géneros, siendo *Gleocapsa*, *Nostoc* y *Lyngbya* los géneros de mayor abundancia y presencia en los monumentos estudiados (Ortega-Morales *et al.*, 2000, 2004 y 2005b; Gaylarde *et al.*, 2007). Las algas presentaron una menor dominancia con 14 géneros, siendo las cocoides la de mayor frecuencia. Diferentes tipos de bacterias también han sido aisladas de los monumentos como Gamma y Proteobacterias, Bacteroidetes y Actinobacterias. De los monumentos hasta ahora estudiados, Edzna muestra una mayor riqueza, con 26 géneros, repartidos en 14 géneros de cianobacterias, 7 de bacterias, 2 algas y 3 hongos (Ortega-Morales *et al.*, 2005b).

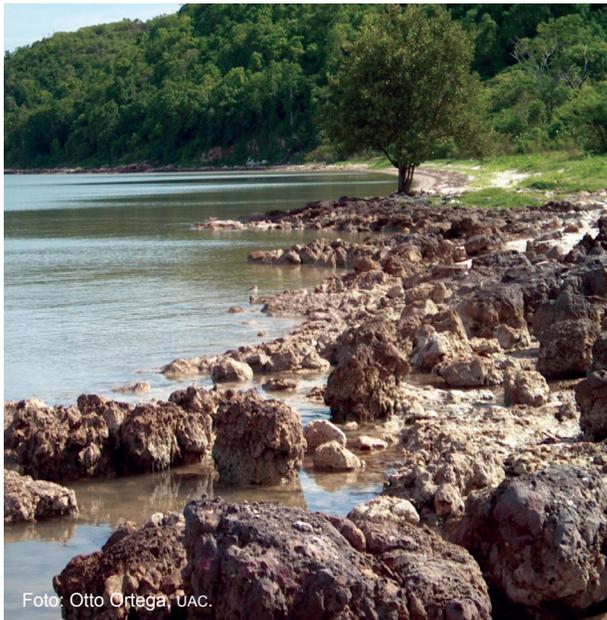


Foto: Otto Ortega, UAC.

Bahía de Xpicob, ambiente intermareal.

Tabla 2. Composición de algunas comunidades microbianas (biofilms) terrestres, asociados a monumentos Mayas del estado de Campeche.

Sustrato	Microorganismos División y/o especie (No.)	Lugar	Referencia
Biofilms	Cianobacterias cocoides*	Uxmal	Ortega-Morales <i>et al.</i> , 2000
Monumentos	<i>Gleocapsa</i> (12)† <i>Gloeothece</i> (8)† <i>Synechococcus</i> (6)† <i>Synechocystis</i> -like (24)† <i>Myxosarcina</i> (3)† Grupo <i>Pleurocapsa</i> (1)† <i>Xenococcus</i> (12)†† Cianobacterias filamentosas* <i>Lyngbya</i> (3)† <i>Chlorogloeopsis</i> (1)† <i>Nodularia</i> (2)† <i>Nostoc</i> (1)† Algas cocoides* <i>Asterococcus</i> (1)† <i>Chlorella</i> (4)† <i>Chlorococcum</i> (2)† <i>Coccomyxa</i> (1)† <i>Dimorphococcus</i> (1)† <i>Planktosphaeria</i> (1)† <i>Chlorococcales</i> no identificado (1)† Algas filamentosas* <i>Chrysocapsa</i> (1)† <i>Heterococcus</i> (1)† <i>Protoderma</i> (1)† <i>Stichococcus</i> (1)† <i>Trentepohliales</i> (5)†		
Biofilms	Cianobacterias cocoides*	Uxmal	Ortega-Morales <i>et al.</i> , 2004
Monumentos	<i>Halothece</i> sp. (4)† <i>Euhalothece</i> sp. (1)† Bacterias: Protobacterias* <i>Nevskia ramosa</i> (5)† <i>Ectothiorhodospira</i> sp.(2)† <i>Arhodomonas aquacolei</i> (1)† <i>Sphingomonas adhesiva</i> (1)† No identificada (1)† <i>Mycoplana dimorpha</i> (1)†	Cuadrángulos de las monjas y monumento de las tortugas	

+ No se determino el número de aislamientos, *Número de géneros,

† Número de aislamientos.

Tabla 2 (continuación). Composición de algunas comunidades microbianas (biofilms) terrestres, asociados a monumentos Mayas del estado de Campeche.

Sustrato	Microorganismos División y/o especie (No.)	Lugar	Referencia
Biofilms Monumentos	Firmicutes: Bacteroidetes* <i>Bacillus carboniphilus</i> (1)† <i>Salinibacter ruber</i> (8)† <i>Cytophaga</i> sp. (3)† <i>Spirosmona hinguale</i> (1)† Actinobacterias * <i>Rubrobacter xylanophilus</i> (5)†	Uxmal Cuadrángulos de las monjas y monumento de las tortugas	Ortega- Morales <i>et al.</i> , 2004
Biofilms de monumentos+	Cyanobacterias cocoides* <i>Gloeocapsa</i> <i>Gloeothece</i> <i>Synechococcus</i> <i>Gloeobacter</i> <i>Xenococcus</i> <i>Grupo Pleurocapsa</i> <i>Hyella</i> Cyanobacterias filamentosas* <i>Arthrospira</i> <i>Lyngbya</i> <i>Leptolyngbya</i> <i>Plectonema</i> <i>Nostoc</i> <i>Fischerella</i> Bacteria (2)*Gram-positiva esporulada <i>Bacillus</i> sp. Myxobacteria <i>Melittangium</i> sp.	Edzna	Ortega- Morales <i>et al.</i> , 2005b

+ No se determino el número de aislamientos, *Número de géneros,

† Número de aislamientos.

Tabla 2 (continuación). Composición de algunas comunidades microbianas (biofilms) terrestres, asociados a monumentos Mayas del estado de Campeche.

Sustrato	Microorganismos División y/o especie (No.)	Lugar	Referencia
Biofilms Monumentos	Firmicutes: Bacteroidetes* <i>Bacillus carboniphilus</i> (1)† <i>Salinibacter ruber</i> (8)† <i>Cytophaga</i> sp. (3)† <i>Spirosmona hinguale</i> (1)† Actinobacterias * <i>Rubrobacter xylanophilus</i> (5)†	Uxmal Cuadrángulos de las monjas y monumento de las tortugas	Ortega- Morales <i>et al.</i> , 2004
Biofilms de monumentos+	Actinomicetos* <i>Streptomyces</i> Actinomiceto (nocardioforme) <i>Geodermatophilus</i> sp. Algas* <i>Cladophora</i> <i>Nanochlorum</i> Hongos (Hifomicetes)* <i>Cladosporium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Verticillium</i> sp.	Edzna	Ortega- Morales <i>et al.</i> 2005b
Biofilms Monumentos+	Cianobacterias cocoides* <i>Gloeocapsa</i> <i>Synechocystis</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Microcoleus</i> Cianobacterias filamentosas* <i>Nostoc</i> <i>Scytonema</i> <i>Fischerella/Mastigocladus</i> Actinobacteria* <i>Streptomyces</i>	Catedral Campeche	Gaylarde <i>et al.</i> , 2007

+ No se determino el número de aislamientos, *Número de géneros,

† Número de aislamientos.

IMPORTANCIA

Mucho antes de que los animales y plantas evolucionaran en la Tierra, la biosfera primitiva era suportada de manera exclusiva por los microorganismos. Por cerca de 3 000 millones de años, los ciclos biogeoquímicos fueron mediados por la actividad de bacterias, al ser los organismos responsables de oxigenar la atmósfera primitiva, haciendo la vida posible para plantas y animales. Este largo periodo de evolución hace que los microorganismos sean los arquitectos de la biosfera actual, con una impresionante capacidad metabólica de adaptación que les ha permitido desarrollar eficientes mecanismos de adquisición y asimilación de nutrientes, así como de tolerar condiciones abióticas extremas, características que en su conjunto han favorecido que habiten todos los ambientes terrestres y acuáticos y que representen cerca del 50% de la biomasa en la biósfera (Whitman *et al.*, 1998). No existe ningún sitio en la tierra, donde las plantas o los animales vivan en ausencia de microorganismos. Por el contrario, existen algunos hábitats que son exclusivamente habitados por microorganismos, tales como los ambientes hipersalinos, cuyas características extremas hacen que los organismos superiores no puedan sobrevivir. Su papel preponderante en los ciclos biogeoquímicos son de particular importancia hoy día ya que son responsables en gran medida de la degradación y/o inmovilización de compuestos orgánicos e inorgánicos productos de la actividad del hombre (Staley *et al.*, 1997).

Diversas áreas del desarrollo biotecnológico se han visto favorecidas gracias al potencial que ofrecen los recursos genéticos microbianos, ya que proveen una gran cantidad de productos, mismos que pueden agruparse en varias categorías (tabla 3).

Una importante motivación para el desarrollo de la biotecnología microbiana se deriva de su valor económico. El valor total aproximado del mercado mundial de productos biotecnológicos en 1999 fue de \$ 800 billones de dólares americanos, de los cuales 25% los represen-

Tabla 3. Productos microbianos de interés biotecnológico (Modificado de Kuo y Garrity, 2001).

Categoría	Proceso/Producto	Aplicación/Subproducto
Productos primarios	Aditivos alimentarios.	Ácidos orgánicos, aminoácidos, ácidos grasos poliinsaturados, agentes espesantes, vitaminas.
	Solventes.	Acetona, butanol y etanol. Proteasas, amilasas, lipasas y celulasas. Levadura.
	Enzimas. Células. Biocombustibles. Agroquímicos.	Etanol, biodiesel, metano e hidrógeno. Bioplaguicidas.
	Químicos finos	Farmacéuticos. Reactivos de laboratorio. Reactivos de diagnóstico.

tan productos y bienes de origen microbiano. Asimismo, considerando que menos de 1% de las especies microbianas existentes han sido aisladas (Amman *et al.*, 1995) y que de éstas sólo 10% han sido estudiadas con el fin de determinar su valor biotecnológico, lo que pone en relieve que el campo de bioprospección microbiana representa un área con un potencial muy prometedor.

AMENAZAS Y ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN

Las principales amenazas en torno a la riqueza y diversidad microbianas se asocian con las actividades antropogénicas, tales como la agricultura, minería y contaminación, entre otros. La pérdida de la diversidad microbiana puede ser resultado de un efecto directo del ambiente o contaminante o de manera indirecta al disminuir la cobertura de huéspedes (plantas). Algunas de las estrategias para su conservación incluyen la realización de investigaciones que permitan establecer el nivel de riqueza de ambientes selectos con el fin de preservarlos, tal vez bajo el régimen de reserva. La conservación *ex situ* en colecciones microbianas es una estrategia adecuada que además permite conservar elementos microbianos de valor biotecnológico. Actualmente en el Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC), se alberga la Colección de Cultivos Microbianos de Origen Ambiental, la cual reguarda 221 microorganismos de los cuales 145 corresponden a bacterias (33 marinas, 69 de filosfera y 43 de monumentos) 4 a actinomicetos (monumentos) y 72 a hongos (10 de filosfera y 72 monumentos) los cuales se encuentran conservados en ultracongelación a -40 y -80°C .



Foto: Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología, UAC.

Gleocapsa sp.

REFERENCIAS

- Amann, R., Ludwig, W. y K.H. Schleifer, 1995. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiol. Rev.* 59: 143-169.
- Bäckhed, F., 2005. Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science*, 307: 1915-1920.
- Bass-Becking, L.G.M. 1934. The Hague: The Netherlands. Van Stockum y Zoon, 263 p.
- Finlay, B.J. y K.J. Clarke, 1999. Ubiquitous dispersal of microbial species. *Nature*, 400: 828.
- Gaylarde, C.C., B.O. Ortega-Morales, y P. Bartolo-Pérez, 2007. Biogenic Black Crusts on Buildings in Unpolluted Environments. *Current Microbiol.*, 54: 162-166.
- Hammond, P.M., 1995. Described and estimated species numbers: an objective assessment of current knowledge. p. 29-72. In: D. Allsopp., R.R. Colwell y D.L. Hawksworth (eds.). *Microbial diversity and ecosystem function*. CAB international UNEP. Cambridge. 496 p.
- Harvey, A., 2000. Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products. *Drug Discov. Today*, 5: 294-300.
- Hawksworth, D.L., 1995. The Tropical Fungal Biota: Census, Pertinence, Prophylaxis, and Prognosis. p. 265-293. In: S. Issac, J.C. Frackland., R. Watling y A.J. Whalley (eds.). *Aspects of Tropical Mycology*. Cambridge University Press. 335 p.
- Holt, J. G., Krieg, Noel, R., Sneath, A. H., Peter H., Staley, T., Williams, J. y T. Stanley, 2001. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 2nd Edition. Waverly Company. 787 p.
- Kartens, U., R. Schumann, y A. Mostaer, 2007. Aeroterrestre algae growing on man surface: what out the secret of their ecological success pp. 585-600. In: J. Seckbach. (eds.). *Algae and cyanobacteria in extreme environments* Springer Berlin. 814 p.
- Kuo, A., y G. Garrity, 2001. Exploiting microbial diversity. p. 477-520. En: J.T. Staley y A.L. Reynsenbach (eds.). *Biodiversity of Microbial life- foundation of earth's biosphere*. John Wiley and Sons, New York, USA. 592 p.
- Narváez-Zapata, J., C.C. Tebbe, y B.O. Ortega-Morales, 2005. Molecular diversity and biomass of epilithic biofilms from intertidal rocky shores in the Gulf of Mexico. *Biofilms*, 2: 93-103.
- Ortega-Morales B.O., J.A.Narváez-Zapata, A. Schmalenberger, A. Sosa-López, y C. C. Tebbe, 2004. Biofilms fouling ancient limestone Mayan monuments in Uxmal, Mexico: a cultivation-independent analysis. *Biofilms*, 1: 79-90.
- Ortega-Morales, B.O., J.L. Santiago-García, y A. López-Cortés, 2005a. Biomass and taxonomic richness of epilithic cyanobacteria in a tropical intertidal rocky hábitat. *Botanica Marina*, 48: 116-121.
- Ortega-Morales, B.O, C.C. Gaylarde, y G.E. Englert, 2005b. Analysis of Salt-Containing Biofilms on Limestone Buildings of the Mayan Culture at Edzna, Mexico. *Geomicrobiology J.*, 22: 261-268.
- Ortega-Morales, B.O., J.L. Santiago-García, M.J. Chan-Bacab, X. Moppert, E. Miranda-Tello, M.L. Fardeau, J.C. Carrero, P. Bartolo-Pérez, A. Valadéz-González, y J. Guezennec, 2007. Characterization of extracellular polymers synthesized by tropical intertidal biofilm bacteria. *J. Appl. Microbiol.*, 102: 254-264.

Ortega-Morales, O., J. Guezennec, G. Hernández-Duque, C.C. Gaylarde, y P.M. Gaylarde, 2000. Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. *Current Microbiology*, 40: 81-85.

Rossmann, A.Y., 1994. A strategy for an all taxa inventory of fungal diversity. p. 169-194. En: C.I. Peng, C.H. (eds.) Biodiversity and Terrestrial Ecosystems Inst. Botany Acad. Sinica, Monograph Series.

Staley, J.T., y J.J. Gosink, 1999. Poles apart: biodiversity and biogeography of sea ice bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.*, 53: 189-215.

Staley, J.T., R.W. Castenholz, R.R. Colwell, J.G. Holt, M.D. Kane, N.R. Pace, A.A. Sayers, y J.M. Tiedja, 1997. The microbial world: Foundation of the biosphere. *Am. Acad. Microbiol.*, 68: 5-32.

Whitman, W.B., D.C. Coleman, y W.J. Wiebe, 1998. Prokaryotes: the unseen majority. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 95:6578.

Zengler, K., G. Toledo, M. Rapeé, J. Elkins, E.J. Mathur, J.M. Short, y M. Keller, 2002. Cultivating the uncultured. *PNAS*, 24: 15681-15686.

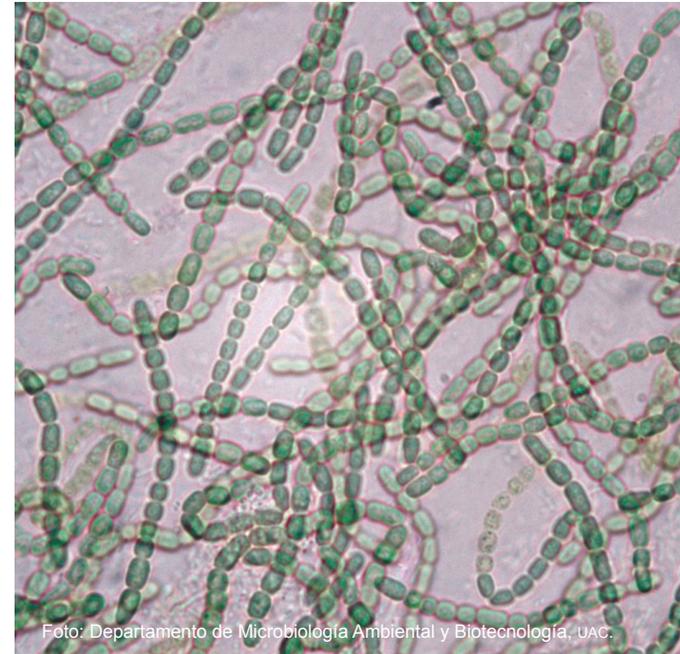


Foto: Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología, UAC.

Nostoc sp.

Hongos

*Ligia Ancona Méndez,
Gloria Cetz Zapata
y Pamela Garma Báez*

DIVERSIDAD

La diversidad fúngica a nivel mundial se ha estimado en aproximadamente 1 500 000 especies de hongos, de los cuales se conocen 63 000 especies. En México se ha estimado que existen 200 000 especies de las cuales solamente se han reportado 6 500: 4 500 macromicetos y alrededor de 2 000 micromicetos (Guzmán, 1998). Los macromicetos en los trópicos y subtrópicos mexicanos ha sido reportada en más de 900 especies. Para la península de Yucatán, se han registrado 684 especies de hongos, 663 macromicetos y 21 micromicetos, de estos, Quintana Roo cuenta con 447 especies, Campeche con 154 y Yucatán con 153.

Particularmente en el estado de Campeche se han colectado 139 macromicetos y 15 micromicetos. De los macromicetos conocidos en el país, los aquí encontrados representan solamente 3% (Ascomycotina 0.8%, Basidiomycotina 1.9%, Myxomycota 0.2% y Líquenes 0.1%) y 0.6% con relación a los micromicetos, lo cual nos demuestra el pobre conocimiento que se tiene en el estado sobre los hongos, ya que los estudios que se han efectuado en México, principalmente han sido en zonas templadas y pocos se han hecho en zonas tropicales como es el caso de la península de Yucatán.

DISTRIBUCIÓN

La información proporcionada es el resultado de la revisión bibliográfica sobre los hongos que crecen en el estado de Campeche (tabla 1) (Brizuela y Guzmán, 1971; Guzmán, 1975 ; González y Guzmán, 1976; Chio y Guzmán, 1982; Guzmán, 1982, 1983, 2003, 2004; Pérez-Silva *et al.*, 1992; San Martín y Roger, 1995; Heredia, 1998; Medel *et al.*, 1999; San Martín *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 2005; Medel, 2001, 2007).

Tabla 1. Especies de hongos colectados en el estado de Campeche.

Macromicetos	Género	Número de especie*	Total de especie**	
Ascomycetes	<i>Xylaria</i>	20	20	
	<i>Hypoxylon</i>	7	7	
	<i>Cookeia, Biscogniauxia, Phylacia</i>	2	6	
	<i>Phillipsia, Wynnea, Camillea, Daldinia, Entonaema</i>	1	5	
Basidiomycetes	<i>Polyporus</i>	7	7	
	<i>Auricularia, Trametes, Geastrum</i>	5	15	
	<i>Ganoderma Corioloopsis Hexagonia</i>	4	12	
	<i>Stecchericum, Pleurotus, Phellinus, Fomes</i>	3	12	
	<i>Aurificaria, , Lentinus, Schizophyllum, Dacryopinax, Marasmius, Favolus</i>	2	12	
	<i>Leucocoprinus, Lactarius, Gymnopilus, Mesophelliopsis, Panellus, Coprinus, Ramaria, Amauroderma, Coltrichia, Hymenochaete, Hydnodon, Datronia, Deadalea, Earliella, Fomitopsis, Gleophyllum, , Hydropolyporus, Lenzites, Phaeodaedalea, Pycnoporus, Rigidoporus, Cotylidia, Podoschypa, Fistulinella, Calocera, Radiigera, Tremella, Cyathus, Phallus</i>	1	29	
	Líquenes	<i>Graphis</i>	2	2
		<i>Bacidia, Ramalina, Usnea, Perynula</i>	1	4
	Myxomicetes	<i>Hemitrichia</i>	2	2
		<i>Echinostelium, Cribaria, Diderma</i>	1	6
<i>Physarum, Stemonitis, Calomyxa</i>				

* reportadas para cada genero; ** reportadas para el estado de Campeche.

Tabla 1 (continuación). Especies de hongos colectados en el estado de Campeche.

Micromicetos	Género	Número de especie*	Total de especie**
Deuteromycetes	<i>Speiropsis, Zygosporum, Beltraniella, Monodictys</i>	2	8
	<i>Chrysonila, Dischloridium, Grallomyces, Mycoenterobium, Periconiella, Sporidesmium, Mycelia</i>	1	7
Total			154

* reportadas para cada genero; ** reportadas para el estado de Campeche.

La única área natural protegida que ha sido estudiada es la Reserva de la Biosfera de Calakmul, donde se reportan solamente 14 recolecciones de gasteromicetos realizadas en tres tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva mediana o selva baja subcaducifolia (Pérez-Silva *et al.*, 2005). Las demás especies registradas para el Estado son producto de exploraciones aisladas en los tipos de vegetación mencionadas anteriormente y zonas que han sido perturbadas por el hombre (zonas urbanas, agrícolas o ganaderas).

IMPORTANCIA

La importancia de estos organismos radica en que son un componente vital en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, ya que desempeñan diversas funciones de tipo ecológico y fisiológico. Son mediadores e integradores que contribuyen al desarrollo de las poblaciones vegetales, particularmente de las especies arbóreas, puesto que intervienen en los ciclos y transferencia de nutrientes, al participar de manera activa en la regulación de la tasa fotosintética. A través del crecimiento de sus hifas modifican la permeabilidad y estructura del

suelo; representan una fuente de alimento para vertebrados (incluyendo mamíferos) e invertebrados, son hábitat de invertebrados, algas y otros hongos; participan en la creación y alteración de nichos, sobre todo para invertebrados; establecen asociaciones mutualistas con plantas, termitas, hormigas y con algunas especies de algas (Herrera y Ulloa, 1996; Hawksworth y Rossman, 1997).

En el estado de Campeche existen especies de hongos macromicetos con uso medicinal, tal es el caso de *Pycnoporus sanguineus*, *Geastrum* sp. y *Ganoderma* sp. y algunas otras especies son comestibles como *Cookeia* sp., *Schizophyllum* sp., *Lentinus* sp., también existen aquellas con potencial de comercialización, tal es el caso de las especies de *Auricularia* spp. y *Pleurotus djamor*; este último ha sido cultivado en la zona rural de Yucatán a través de un manejo integral de los desechos agrícolas para producir cuerpos fructíferos y humus de lombriz. Debido a la eficiencia de la bioconversión que este hongo realiza en los subproductos agrícolas y forestales, con una tonelada de rastrojo de maíz, calabaza o bagazo de henequén genera una producción de 143 kg de *Pleurotus djamor* y 250 kg de humus de lombriz, lo cual da beneficio social, económico y ecológico (Ancona, 2001). Esta actividad se podría llevar a cabo en el estado de Campeche.

ACCIONES PARA SU CONSERVACIÓN

Es muy importante realizar estudios sistematizados de los hongos que crecen en el estado de Campeche para obtener inventarios, y proponer estrategias para su manejo y conservación.



Foto: Pamela Garma, UADY.

Pycnoporus sanguineus.

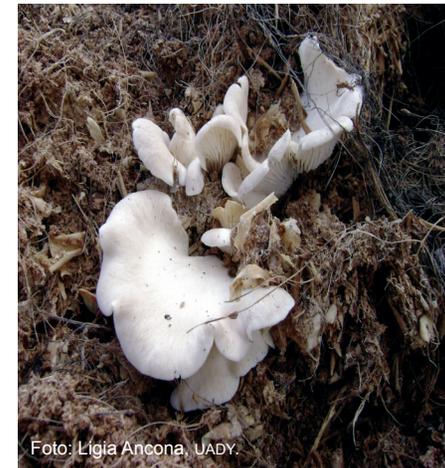


Foto: Ligia Ancona, UADY.

Pleurotus djamor.

REFERENCIAS

- Ancona, L., 2001. Exposición de hongos. *Revista Universidad Autónoma de Yucatán*, 16(216): 42-47.
- Brizuela, F., y G. Guzmán, 1971. Estudio sobre los Líquenes de México, II. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 5: 79-103
- Chio E. R., y G. Guzmán, 1982. Los hongos de la península de Yucatán. Las especies de macromicetos conocidas. *Biotica*, 7 (3):385-400
- González, M. E., y G. Guzmán, 1976. Estudios sobre los líquenes de México, III. Observaciones sobre especies no consideradas anteriormente. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 10: 27-64
- Guzmán, G., 1975. Hongos mexicanos (Macromicetos) en los herbarios del extranjero. III. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 9: 85-102
- Guzmán, G., 1982. New species of fungi from the Yucatan Peninsula. *Mycotaxon.*, 16(1):249-261
- Guzmán G., 1983. Los hongos de la península de Yucatán. Exploraciones y adiciones micológicas. *Biótica*, 8(1):71-100
- Guzmán G., 1998. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). *Acta Zoológica Mexicana, Vol. Especial*: 111-175
- Guzmán, G., 2003. Fungi in the Maya Culture: Past, Present and Future. In: A. Gómez Pompa *et al.* The Lowland Maya Area. Food Products Press.
- Guzmán, G., 2004. Los hongos de la Península de Yucatán (México) v. Nuevas observaciones y nuevos registros. *Rev. Mex. Mic.*, 18: 7-13
- Heredia G., 1998. Tropical Hyphomycetes of Mexico. III. Some species from the Calakmul Biosphere Reserve Campeche. *Mycotaxon.*, 68:137-143
- Hawksworth, D., y A. Y. Rossman, 1997. Where are All the Undescribed Fungi? *Phytopathology*, 87:888-891
- Herrera, T., E. Pérez-Silva, M. Esqueda, y V. Valenzuela. 2005. Algunos Gasteromicetos de Calakmul, Campeche, México. *Rev. Mex. Mic.*, 21: 23-27
- Herrera, T. y M. Ulloa, 1996. El Reino de los Hongos. Fondo de Cultura Económica. México. 550 p.
- Medel, R., 2001. Primer registro del género *Stromatoneurospora* (Ascomycetes, Xylariaceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 55:13-16.
- Medel, R., 2007. Especies de Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. *Rev. Mex. Mic.*, 25:69-76.
- Medel, R., S. Chacón y G. Guzmán. 1999. Especies de Macromicetos citadas de México IX. Ascomycetes, Parte III: 1986-1996. *Acta Botánica Mexicana*, 46: 57-72
- Pérez-Silva, E., T. Herrera, y R. Valenzuela, 1992. Hongos (macromicetos) de la península de Yucatán. p. 13-22. En: D. Navarro, y E. Suárez (eds.). Diversidad Biológica en la Reserva de Sian Káan, Quintana Roo. CIQRO & Sedesol.
- San Martín, F., y J. Rogers, 1995. Notas sobre la historia, relaciones de hospedante y distribución del género *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 30:21-40
- San Martín F., Y. M. Ju, y J.D. Rogers, 1999. Algunas especies de *Hypoxylon* (Pyrenomycetes, Xylariaceae) en México. *Acta Botánica Mexicana*, 47: 31-53.

Foraminíferos y ostrácodos

*Frank Raúl Gío-Argález,
Ma. Luisa Machain-Castillo
y Brenda B. Martínez Villa*

INTRODUCCIÓN

Recientes y diversos estudios señalan la relevancia de los foraminíferos y ostrácodos, microorganismos marinos que han sido de gran utilidad para la micropaleontología por su función ecológica y bioestratigráfica respectivamente.

Los foraminíferos son organismos unicelulares ameboides pertenecientes al reino Protista, (orden Foraminífera, Subphylum Sarcodina, Clase Granuloreticulosa) (Capriulo, 1990), que forman una testa o conchilla, secretada de carbonato de calcio o aglutinada de los materiales circundantes en el medio donde se desarrollan (figura 1). Son parte del zooplancton y de microbentos de los mares y océanos. La textura de la testa puede ser de porcelana, vítrea o arenosa, su tamaño oscila entre 10 μm de diámetro hasta unos cuantos centímetros (BouDagher-Fadel, 1997), está a su vez se encuentra integrada por diversas cámaras que el protozooario va construyendo a lo largo de su vida, y se encuentran conectadas a través de una apertura, llamada foramen (característica principal de estos organismos), por medio de la cual la célula tiene libre movimiento y comunicación entre la parte interna y externa del organismo, lo que permite interactuar con su medio ambiente (Capriulo, 1990). Estos organismos omnívoros, juegan un importante papel en el medio marino, en las redes tróficas y en los ciclos biogeoquímicos de compuestos orgánicos e inorgánicos (Machain-Castillo y Ruíz-Fernández, 2006). Dependiendo del hábitat o el espacio donde se encuentren los foraminíferos se dividen en planctónicos y bentónicos. Los primeros están distribuidos en la columna de agua y los segundos sobre el sedimento.

Por otra parte, los ostrácodos son microcrustáceos (phylum Arthropoda, orden Podocopida), los cuales se caracterizan por la presencia de un caparazón bivalvo de origen epidérmico que encierra al organismo y presentan de cinco a ocho pares de apéndices. El cuerpo está dividido en dos regiones: cabeza y tórax (Ruppert, 1966; Gío-Argález

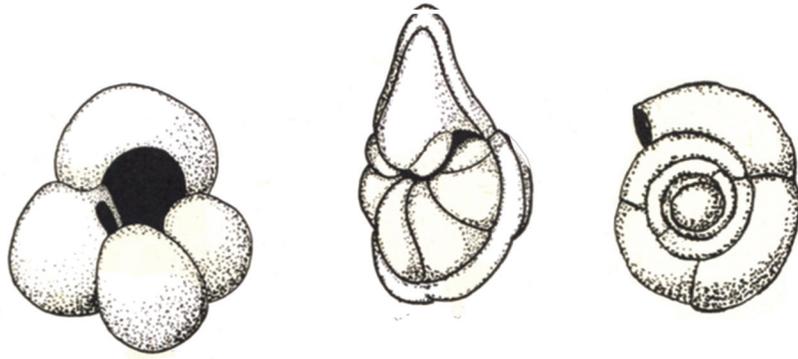


Figura 1. Distintas aperturas de las cámaras en las testas de los foraminíferos. Tomado de Moore (1964).

et al., 2004). Las valvas que componen al organismo pueden estar cerradas herméticamente y son parte integral del cuerpo. En la mayoría de estos, se presentan calcificaciones con poros normales (orificios a través de la valva de diversos tamaños y formas según la especie). Su tamaño varía entre 0.5 a 2 mm en promedio (Horne *et al.*, 2002). Presentan un dimorfismo sexual, donde el macho es más pequeño y en general más alargado y activo. Crecen por mudas y presentan hasta ocho estadios larvarios, así, al pasar de uno a otro desechan el caparazón y secretan uno nuevo de mayor tamaño. Durante la secreción del nuevo caparazón, el organismo incorpora, junto con el carbonato y el calcio, otros elementos afines disponibles en el medio, como magnesio, estroncio, cadmio, bario u otros contaminantes presentes. (Pokorný, 1952; Machain-Castillo y Ruiz-Fernández, 2006). Se encuentran en todos los medios acuáticos, siendo la mayoría de vida libre. Además existe una relación entre la morfología de los ostrácodos y su ambiente. Por ejemplo, los ostrácodos bentónicos marinos muestran estructuras simulando alas con el fin de no hundirse en el sustrato limoso y disminuir su peso específico.

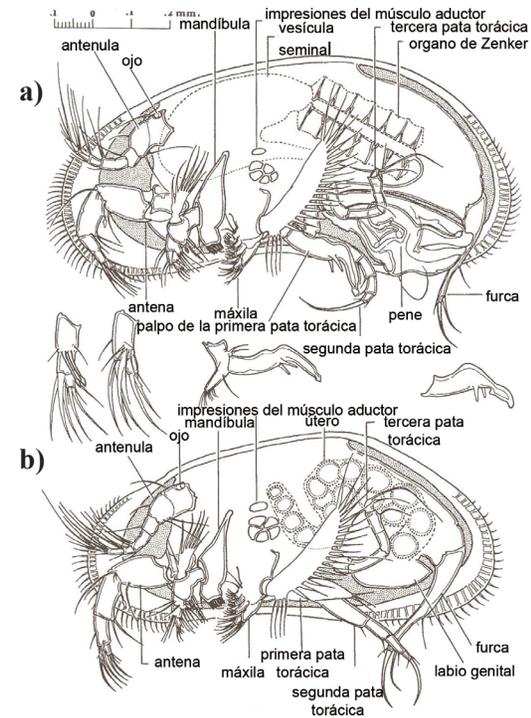


Figura 2. Morfología de *Candona suburbana*. a) Macho, b) Hembra. Tomado de Howe *et al.* (1961).

DIVERSIDAD

Comparativamente, los foraminíferos son más abundantes y diversos que los ostrácodos. Los foraminíferos habitan sobre algas, conchas, rocas o en las arenas y limos en todos los océanos y mares. Se conocen aproximadamente 4 000 especies, de las cuales en su mayoría son bentónicas y solo 40 de estas son planctónicas. En la República Mexicana tan solo en las costas del estado de Campeche se han repor-

Tabla 1. Referencias y estudios relevantes en torno a los foraminíferos y ostrácodos en las zonas aledañas a Campeche.

Foraminíferos	Tema
Ayala Castañares, A. 1963.	Sistemática y distribución, así como las asociaciones de los foraminíferos recientes en laguna de Términos.
Butterlin, 1961.	Asociaciones de foraminíferos fósiles del pozo de Palizada.
Gío-Argaéz, 1969.	Condiciones ecológicas donde habita <i>Ammonia beccarii</i> variante "A" en 3 lagunas litorales, incluyendo la Laguna de Términos.
Mata-Mendoza, 1982a y b.	Estudios de los foraminíferos presentes en la plataforma continental de Campeche.
Quiroz-Martínez, 2005.	Relación de la productividad de los ostrácodos y foraminíferos bentónicos y planctónicos.
Segura y Wong-Chang, 1980.	Foraminíferos recientes de la laguna de Términos.
Ostrácodos	
Carreño, 1984.	Asociaciones y distribución de los ostrácodos recientes en la laguna de Términos.
Esparza-Castillo, 1992.	Variación estacional de los ostrácodos en la zona de plataformas petroleras.
Gío-Argaéz <i>et al.</i> 1996 a y b, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005.	Biodiversidad, taxonomía, sistemática y biogeografía de la bahía de Campeche.
Machain-Castillo <i>et al.</i> 1989, 1990, 1995, 2005, 2006.	Comparación faunística de los ostrácodos de la laguna de Términos y costas adyacentes a la bahía de Campeche, distribución e importancia como indicadores bioambientales en sedimentos marinos.
Morales, 1966.	Realizó análisis ecológicos, taxonómicos y de distribución observando las especies indicadores de los diferentes ambientes que se presentan la laguna de Términos.
Palacios, <i>et al.</i> 1983.	Especies de ostrácodos presentes del Caribe Mexicano y las asociaciones de esta zona.

tado 103 especies ubicadas entre la laguna y bahía (CD anexo), de las familias Rotaliidae, Discorbidae, Lituolidae, Miliolidae y Soritidae, entre otras (tabla 1).

Por lo que corresponde a los ostrácodos, de acuerdo con Gío-Argaéz *et al.* (2002), en los mares y litorales mexicanos se han localizado más de 760 especies, distribuidos de la siguiente manera: 300 en el Golfo de México, 110 en el Mar Caribe y 350 en el Océano Pacífico. Tal distribución se relaciona con factores ambientales de las plataformas terrígenas y carbonatadas, así como de la profundidad de los océanos (Gío-Argaéz, 2000). Para Campeche se han registrado 90 especies entre la laguna, la bahía y la desembocadura del delta (CD anexo). De las familias más representativas, se encuentran Macrocypridae, Cytherellidae, Loxoconchidae, Bairdiidae, Cytheromatidae, Schizocytheridae y Trachyleberidae.

DISTRIBUCIÓN

Como grupo, los foraminíferos se encuentran en un amplio rango de ambientes marinos. En Campeche, en la laguna de Términos, Ayala-Castañares (1963) encontró que los foraminíferos no presentan tendencias de distribución muy marcadas en las lagunas litorales, debido al carácter transicional de estos ambientes con factores ecológicos muy variables. De modo que sólo viven seres con gran capacidad de adaptación a estos cambios ecológicos, a pesar que muchos también habitan otros medios menos variables.

El número de géneros y especies tienden a aumentar desde la zona con salinidad baja hasta las zonas muy salinas, particularmente en la Boca de Paso Real. Algunos de los géneros y especies identificados, parecen comportarse con tendencia hacia ciertas condiciones ambientales favorables para ellos, como la especie *Ammonia beccarii* (Linnaeus) y sus variantes, así como *Elphidium gunteri* Cole, ambas especies predominan en las poblaciones, aunque en las diferentes bio-

facies o unidades biológicas que se presentan a lo largo de la laguna se encuentran asociadas con especies que contribuyen a su mejor diferenciación. La asociación faunística se encuentra constituida por *Ammonia beccarii* y vars., *Cribrononion lene*, *Cellanthus gunteri*, *Palmerinella palmerae*, *Ammobaculites dilatus* y *Elphidium incertum mexicanum* (Segura y Wong-Chan, 1980).

Los ostrácodos son de gran utilidad como indicadores en ambientes costeros, ya que se distribuyen en todos los ambientes acuáticos, tanto dulceacuícolas como salobres y marinos, con grupos característicos y fácilmente diferenciables para cada tipo de salinidad. En un estudio realizado por Gío-Argáez (2000), se determinaron las asociaciones representativas y sus patrones de distribución. Tales resultados mostraron cuatro factores o asociaciones significativas. Cada una de esas asociaciones se encuentra representada por especies indicadoras de las aguas que se encuentran en esa zona.

IMPORTANCIA

Los foraminíferos y ostrácodos son importantes en el rubro ecológico y económico. Varias especies de foraminíferos y ostrácodos presentan rangos estrechos de tolerancia a parámetros ambientales. En el Golfo de México las asociaciones de foraminíferos (Machain-Castillo, 1989) sirven como indicadores para la localización de mantos petrolíferos mediante estudios estratigráficos para ubicar secuencias sedimentarias en el tiempo geológico (Cantú-Chapa, 2007).

Las variaciones morfológicas, composición química, abundancia y/o distribución de los organismos permite que sean utilizados como indicadores ecológicos de masas de agua, circulación oceánica y cambios ambientales como la presencia de contaminantes en el medio, ya que en el caso de los ostrácodos, el caparazón mantiene las mismas concentraciones que se presentaban al momento de su calcificación y con ello, conocer su cantidad en proporciones inalteradas (Machain-



Ammonia beccarii de la laguna de Términos.

Castillo y Ruiz-Fernández, 2006). Además, el tamaño, la resistencia de sus cuerpos, y sus ciclos de vida característicos permite su preservación y respuesta a las modificaciones ambientales de modo que son utilizados como indicadores paleoecológicos y bioestratigráficos en la micropaleontología.

SITUACIÓN, AMENAZAS Y ACCIONES PARA SU CONSERVACIÓN

Existen pocos trabajos para ambos grupos con respecto a este tópico, por lo que es necesario realizar estudios comparativos con la finalidad de conocer cómo se ha modificado al paso de los años la distribución, abundancia y posible migración de las diferentes poblaciones, y determinar la verdadera situación ecológica en la que se encuentra la zona marítima y continental del estado de Campeche. Las poblaciones de foraminíferos y ostrácodos, están siendo afectadas por la contaminación antropogénica, producto de los desechos industriales y de la descarga de aguas dentro de los cuerpos lagunares así como por la contaminación de la industria petrolera, a causa de derrames accidentales. Otra amenaza para su modificación poblacional, es el calentamiento global, ya que modifica la temperatura del agua de los océanos afectando la densidad y salinidad del ambiente marítimo en general.

Tabla 2. Asociaciones biológicas de ostrácodos, indicadoras de la plataforma continental del estado de Campeche.

Fuente: Yañez *et al.*, 1983 y Gío-Argáez, 2000.

Asociación	Especie (s)	Indicador
Asociación I.	<i>Cytherella vermillionensis</i>	De aguas cálidas y salinas.
Asociación II.	<i>Echinocythereis margaritifera</i> <i>Pterygocythereis alophia</i> y <i>Hullingsina tuberculata</i>	De profundidades de 40 a 85 metros. Ambiente estable. Plataforma media.
Asociación III.	<i>Loxococoncha moralesi</i> , <i>Paracytheroma stephensoni</i> , <i>Cytheromorpha pracastanea</i> y <i>Neomonoceratina</i>	Condiciones variables de salinidad, temperatura y cantidad de nutrientes. Ambientes influenciados por ríos y lagunas.
Asociación IV.	<i>Macrocyprina skinneri</i> <i>Bairdia bradyi</i> y <i>Pellucistoma magniventra</i>	Transicional entre la plataforma carbonatada y la zona terrígena.



Bradyela dictyon, procedente de la plataforma externa de la bahía de Campeche.

REFERENCIAS

- Ayala-Castañares, A., 1963. Sistemática y distribución de los foraminíferos recientes de la laguna de Términos, Campeche, México. Tesis Doctoral en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 130 p.
- BouDagher-Fadel, M. K., F. T. Banner, y J. E. Whittaker, 1997. The early evolutionary history of planktonic Foraminifera. Chapman and Hall, London, New York. 269 p.
- Butterlin, J., 1961. Grandes Foraminíferos del pozo Palizada, num. 2, Municipio de Palizada, Estado de Campeche. *Rev. Paleontología Mexicana*, 10: 1-59.
- Cantú-Chapa, A., 2007. La Formación Cantarell del Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichtiano), la Roca Productora de Petróleo más Importante de México. *Rev. PetroQuimex.*: 23-29.
- Capriulo, G. M., 1990. Ecology of marine protozoa. Oxford University. New York, USA 366 p.
- Carreño, A. L., 1984. Ostrácodos Recientes del Estero Pargo, Laguna de Términos, Campeche, México. p. 603-611. En: M.C. Perrilliat, (ed.) Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología, 14-18 octubre, Oaxtepec, Morelos, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.
- Esparza-Castillo, L. E., 1992. Variación estacional de la microfauna de ostrácodos de la zona de plataformas petroleras del sur del Golfo de México. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 92 p.
- Gío-Argaéz, F. R., 1969. Significado ecológico de la variabilidad de la testa del foraminífero *Amonia beccarii* (Linnaeus) variante "A" en 3 lagunas litorales mexicanas. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 75 p.
- Gío-Argaéz, F. R., 2000. Distribución y sistemática de los ostrácodos de la bahía de Campeche, México. Tesis Doctoral en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. 103 p.
- Gío-Argaéz, F. R., E. López-Ochoterena, y M. L. Machain-Castillo, 1998. La Zona Litoral de Campeche. México: Manejo y Perspectivas. (Cartel). XIII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Vigo, España. 6-10 de julio. Libro de resúmenes. 125 p.
- Gío-Argaéz, F. R., M. L. Machain-Castillo, y A. Gaytán-Caballero, 2002. Los ostrácodos de la Zona económica exclusiva de México. Parte I. La Bahía de Campeche. *Jaina en línea*, 13(1): 1-11.
- Gío-Argaéz, F.R. y M. L. Machain-Castillo 2001. Biofacies de Ostrácodos en la Bahía de Campeche. XIV Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Murcia, España. Libro de resúmenes. 23 p.
- Gío-Argaéz, F.R., M. L. Machain-Castillo y A. Gaytán-Caballero, 2004. Ostracoda. p. 513-558. En: J. Llorente Bousquets y J. J. Morrone (eds.) Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV. Universidad Nacional Autónoma de México
- Gío-Argaéz, R. P. Krutak, M.L. Machain-Castillo, y A. Gaytán Caballero, 2005. Los ostrácodos de la Zona Económica Exclusiva de México. Parte II: Los arrecifes del Golfo de México y el Mar Caribe. Serie ¡Fundamental! Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis Teruel, España..
- Gío-Argaéz, R., y M. L. Machain-Castillo, 1996a. Contribución al conocimiento de los ostrácodos (Crustacea) del sur del Golfo de México. XII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Madrid, España. 95 p.
- Gío-Argaéz, R., y M. L. Machain-Castillo, 1996b. Contribución al conocimiento de los ostrácodos (Crustacea) del sur del Golfo de México. *Revista de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo Extraordinario*. 163-165.

- Horne, D. J., A. Cohen y K. Martens, 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. In: J.A. Holmes, & A. R. Chivas (eds.). *The Ostracoda: Applications in Quaternary research*. Geological Monograph Series Volume 131.
- Howe, H. V., R. V. Kesling, y H. W. Scout, 1961. Morphology of living ostracoda. In: R.C. Moore (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part Q Arthropoda 3 Crustacea*. Geol. Soc. Am. Univ. Kan. Press. P. 2. 443 p.
- Machain-Castillo, M. L. y A. C. Ruiz-Fernández, 2006. Indicadores biofísicos en sedimentos acuáticos. p. 205-219. En : I. Pisanty y M. Caso (eds.) *Especies, Espacios y Riesgos*. Instituto Nacional de Ecología.
- Machain-Castillo, M. L., y F. R. Gío-Argáez, 1989. Comparación faunística de los ostrácodos presentes en la laguna de Términos y las Costas Adyacentes de la bahía de Campeche. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 40:35-48
- Machain-Castillo, M. L. y F. R. Gío-Argáez. 1990. Ostrácodos de la plataforma occidental de Yucatán. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 41:15-22.
- Machain-Castillo, M.L. y F.R. Gío-Argáez, 1995. Ostracod distribution in the Gulf of México. p. 447. In: J. Ríha (eds.). *Ostracoda and Biostratigraphy*. A.A. Balkema/Róterdam, Brookfield, Czech Republic.
- Machain-Castillo, M. L., F.R. Gío-Argáez, y G. González-Chávez, 2005. Distribución en las provincias mexicanas del Caribe y Golfo de México: La plataforma norte de la península de Yucatán. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* Vol. 6
- Machain-Castillo, M.L., y F.R. Gío-Argáez, 2005. Ostrácodos bentónicos del sur del Golfo de México. p.163-173. En: M. Caso, I. Pisanty, y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Vol. I
- Mata-Mendoza, M. L., 1982a. Contribución al conocimiento de la fauna de foraminíferos de la plataforma continental de Campeche, México. Secretaria de Marina, México D.F.
- Mata-Mendoza, M. L., 1982b. Foraminíferos recientes de la sonda de Campeche, México. Secretaria de Marina, México D.F.
- Moore, R. C. (ed), 1961 *Treatise on invertebrate paleontology, Part C. Protista 2*. Geol. Soc. Am. Univ. Kan. Press.
- Morales, G. A., 1966. Ecology, distribution, and taxonomy of Recent Ostracoda of the Laguna de Términos, Campeche, México. *Instituto de Geología*, 81: 1-103.
- Palacios-Fest, M. R., F. R. Gío-Argáez, y P. R. Krutak, 1983. Los ostrácodos (Crustacea) recientes del Caribe Mexicano y su significación faunística. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol.*, 10(1): 195-208
- Pokorný, V., 1952. The ostracods of the so-called Basal Horizon of the Subglobosa Beds at Hodonín (Pliocene, Inner Alpine Basin, Czechoslovakia). *Sb. Ústřed. Ústav. Geol.*, 19:229-396.
- Quiroz-Martínez, B., 2005. Foraminíferos planctónicos, bentónicos y ostrácodos en sedimentos del sur del Golfo de México y su relación con la productividad. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 60 p.
- Ruppert, E. E., y R. D. Barnes, 1966. *Zoología de los Invertebrados*. Mc. Graw-Hill Interamericana, sexta edición, México, D. F.
- Segura, L. R., e I. Wong-Chang, 1980. Foraminíferos Recientes de Estero Pargo, Laguna de Términos, Campeche, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol.*, 7(1): 1-13



Foto: L.A. Williams-Beck, UAC.