

Citar como:

Espinosa, L., A. Escalante, L. Eguiarte y V. Soauza. 2005. El mar en el Desierto y su importancia para la conservación. CONABIO. Biodiversitas 58:7-11

EL MAR EN EL DESIERTO Y SU IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN

El valle de Cuatrociénegas, localizado en la zona central de Coahuila, se considera el humedal más importante del Desierto Chihuahuense y uno de los más importantes en México. En este valle subsisten una gran cantidad de especies endémicas, por lo que el 7 de noviembre de 1994 fue declarado área natural protegida en la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna.

Además de albergar muchas especies endémicas, el valle de Cuatrociénegas y los valles colindantes tienen particularidades que los hacen sumamente interesantes. Por una parte, se ha encontrado la presencia de bacterias que son características de ambientes marinos, a pesar de su ubicación a 700 km de la costa más cercana. Este tipo de bacterias se encuentra únicamente en zonas donde también existe un origen marino, como el desierto de Atacama o los lagos de la Antártida. Esto, junto con los datos geológicos de la zona, son elementos que sugieren un origen marino del agua subterránea de Cuatrociénegas, lo cual no es de extrañar, ya que la mayor parte del agua del norte de México es de origen fósil y proviene del Protogolfo de México.

Por otra parte, lo que es más extraordinario es que esta señal del mar en el área de Cuatrociénegas continúe presente desde hace

150 millones de años y que comunidades relictas complejas de microorganismos, estromatolitos, caracoles y peces, se mantengan vivas después de tanto tiempo.

Asimismo, el hallazgo de bacterias marinas en el Desierto Chihuahuense realza la importancia de conservar no sólo el valle de Cuatrociénegas, sino los colindantes, en los que también encontramos secuencias de origen marino. Las condiciones para explotar los recursos naturales de Cuatrociénegas y valles vecinos deben ser cuidadosamente controladas, haciendo hincapié en un uso racional del agua en el desierto, si queremos preservar esta increíble riqueza ecológica que funciona como máquina del tiempo biológica para las generaciones futuras.

Cuatrociénegas de Carranza se encuentra al este de la región conocida como altiplano septen-



En primer plano se aprecian los estromatolitos en una de las pozas de Cuatrociénegas.



Nueve especies de peces son endémicos en estas pozas.

© George Grall



Imagen de satélite del área de Cuatrociénegas y zonas adyacentes. En el recuadro rojo se indica la zona de la foto aérea de la derecha.

Imagen de satélite: Conabio, Landsat ETM, 23 de febrero de 2000

Cultivo de alfalfa alimentado por riego gracias al bombeo de pozos profundos.

trional o Desierto Chihuahuense, a 80 km al oeste de la ciudad de Monclova, localizado entre los dos macizos montañosos más grandes de México, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental.

La humedad que viene tanto del Golfo de México como del Pacífico es bloqueada por ambas sierras, fenómeno que dio origen al desarrollo de este desierto que cuenta con una precipitación anual de menos de 200 mm. El valle está rodeado por montañas de hasta 3 000 m de altitud, y en promedio tiene una altitud de 740 m, con una extensión aproximada de 40 km de este a oeste y 30 km de norte a sur, y está cortado en dos por la sierra San Marcos y Pinos. Colindan con Cuatrociénegas dos valles en donde se cultiva alfalfa: El Hundido y Calaveras, al oeste y al norte, respectivamente. Existe escasa información sobre la flora y fauna de dichos valles, aunque se



sospecha una gran cantidad de endemismos, ya que esta zona del Desierto Chihuahuense medio es muy diversa. Sin embargo se sabe que los recursos hídricos principales de estos valles han sido sobreexplotados (la explotación supera la recarga de acuíferos).

El Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatrociénegas tiene una superficie de cerca de 85 000 ha, y se localiza entre las coor-

denadas 26°45'00" y 27°00'00" de latitud norte, y 101°48'49" y 102°17'53" de longitud oeste. Es parte del municipio de Cuatrociénegas, Coahuila, que cuenta con una población de 13 465 habitantes. Con tan poca precipitación anual la recarga del manto freático por lluvias es muy lenta, por lo que se sospecha que la mayor parte del agua subterránea es de origen fósil y forma un sistema hidráulico complejo con un gradiente de sales y temperaturas. Este sistema es la causa de la existencia de manantiales en el valle de Cuatrociénegas, que a su vez forman arroyos permanentes y áreas inundadas donde se concentra el agua de los manantiales. Casi todos estos ambientes acuáticos tienen agua con pocos nutrientes (casi nada de fósforo) y con altas concentraciones de minerales, sobre todo iones magnesio, sulfato y calcio, que son el resultado de la



Estromatolitos que viven bajo la superficie de una poza.

evaporación y precipitación del sistema cársico (formación caliza de origen marino que produce cuevas por la acción erosiva o disolvente del agua) formado por carbonato de calcio y yeso.

Los manantiales de Cuatrociénegas tienen una particularidad: en sus aguas casi no se presentan nutrientes libres (como son el fósforo y nitrógeno), por lo que se consideran oligotróficos extremos. Estas características del agua no sólo no permiten el desarrollo de algas, sino que han mantenido intacto un ecosistema primitivo donde la base de la pirámide alimentaria parece estar formada por bacterias. En muchas de las pozas y ríos tanto de agua salada como de agua dulce hay estromatolitos vivos (depósitos de carbonatos construidos por cianobacterias filamentosas en consorcio con comunidades de bacterias y arqueas (grupo de procariontes muy primitivo, en general extremófilo) que son poco comunes en el mundo. La mayor parte de los manantiales se ubican en las faldas de la sierra San Marcos y Pinos, formando alrededor de 200 pozas en el valle de Cuatrociénegas. Las características fisicoquímicas de las pozas son muy variables: la temperatura varía de 18 a 35°C, el pH es de 5.76 a 8.3, la conductividad tiene valores entre 782 mS y 7.52 mS y los sólidos disueltos se encuentran en una concentración de 292 a 3 770 mg/l.

Como resultado de la exportación del agua fuera del valle y de su uso dentro del mismo, se provocaron serios disturbios, como son la interconexión artificial de los manantiales, la disminución de las áreas inundadas y cambios en los niveles de agua en muchas de las pozas. La explotación de agua en otros valles de los alrededores de Cuatrociénegas (como El Hundido y Calaveras) ha sido motivo de preocupación, ya que la escasa información geológica o hidrológica de la zona no ha permitido determinar con claridad las rutas de flujo del agua subterránea, y la sobreexplotación en los valles vecinos podría afectar seriamente esta área natural protegida. De hecho es muy alarmante observar que el nivel de las pozas en Cuatrociénegas ha descendido estos últimos dos años, a pesar de que han sido los más húmedos de los últimos 100.

Dadas la dificultad para esclarecer la conexión hidráulica entre los valles y la importancia ecológica de esta Área de Protección de Flora y Fauna hemos sugerido utilizar las bacterias como marcadores del flujo del agua subterránea y superficial en el municipio de Cuatrociénegas.

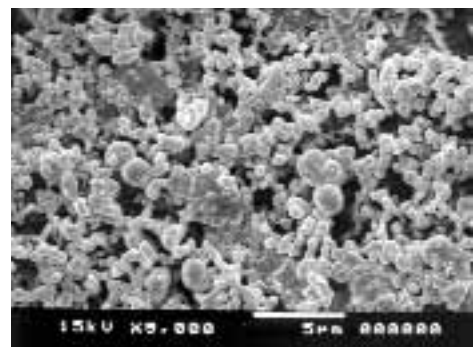
Hasta ahora no existen antecedentes de otros estudios con información sobre las comunidades bacterianas en ambientes acuáticos del valle de Cuatrociénegas y de los valles vecinos. Muchos de

los estudios de bacterias que han sentado las bases para el desarrollo de la microbiología han sido sobre cultivos puros, pero hoy sabemos que las bacterias cultivables son sólo una pequeña parte de las que existen en la naturaleza.

Los métodos moleculares desarrollados en la última década han permitido el estudio de comunidades bacterianas no cultivables que han mostrado un asom-

Fotomicrografías a dos resoluciones diferentes de las cianobacterias filamentosas que componen los estromatolitos.

© Luisa Falcón





Millones de años de evaporación han provocado la cristalización del yeso disuelto en el agua que se ha acumulado en las orillas y ha sido acarreado por el viento para formar espectaculares dunas de un deslumbrante color blanco.

broso número de linajes filogenéticos, así como tipos ecológicos dominantes de bacterias y arqueas desconocidos para los estudios basados en cultivos. Gran parte de estos trabajos se basan en la secuencia del gen 16S ribosomal, que ha sido elegido para clasificar distintos tipos de organismos gracias a que está presente en los tres dominios de la vida reconocidos actualmente: Bacteria, Archaea y Eucarya. El ADN 16S es una molécula muy interesante ya que contiene información para ensamblar la maquinaria de producción de proteínas en el ribosoma. Sin embargo, su gran utilidad taxonómica se basa no sólo en su función esencial sino en que tiene regiones altamente conservadas y regiones con variación considerable en su secuencia, por lo que se pueden detectar grupos taxonómicos a diferentes niveles (reino, familia, género, etc.) con un mismo marcador para prácticamente todos los seres vivos. Hasta ahora la clasificación de los microorganismos se ha basado principalmente en estas secuencias del gen 16S ribosomal.

Esto es especialmente importante en las especies no cultivables de microorganismos de los cuales sólo se puede obtener su firma genética, ya que la microscopía no nos ayuda a distinguir grupos dentro de las bacterias y arqueas. Para obtener la firma genética de un microorganismo lo que se necesita es aislar el ADN del ambiente, amplificar la señal del gen de interés (en este caso el 16S ribosomal) utilizando un método llamado PCR (Po-

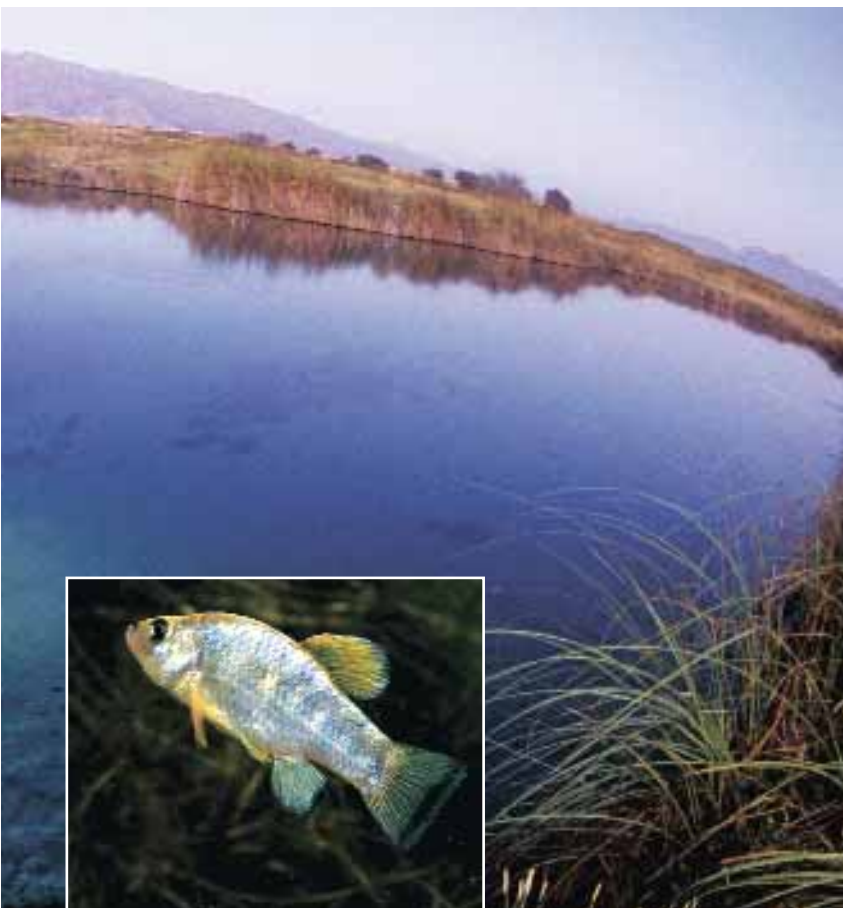


limerase Chain Reaction) que copia muchísimas veces el gen que queremos utilizando la maquinaria genética de una bacteria termófila (TAQ) y un muy eficiente manejo de la temperatura de reacción. Una vez que se amplifica nuestro gen, queremos separar las copias de los miles de organismos que fueron juntados en nuestra muestra de ADN. Para hacer esto requerimos la maquinaria bacteriana de *Escherichia coli* recombinante, que va a tomar una sola hebra de nuestro gen y copiarlo por separado millones de veces para que nosotros podamos secuenciarlo. A esto se le llama "clonoteca".

A partir de muestrear el agua de manantiales en Cuatrociénegas, pozos en los valles El Hundido y Calaveras y una muestra de agua de la mina el Rosario, y de aislar ADN de esta agua y obtener clonotecas de cada uno de los sitios, se obtuvieron 98 secuencias parciales del gen 16S ribosomal, las cuales se compararon con secuencias co-

nocidas del GenBank utilizando el programa BLAST. Con estos datos se asignó a cada clona su afiliación taxonómica aproximada. Se encontraron 38 "especies" diferentes a partir de las clonas. Para entender su origen buscamos qué secuencias son más parecidas a las nuestras en las bases de datos, y de acuerdo con esto le asignamos un origen y un género posible a nuestra secuencia.

Para comparar nuestro estudio con otros seleccionamos nueve artículos con las siguientes características: estudios con metodologías similares (principalmente que hicieran clonas ambientales del 16S), con un registro en GenBank de las secuencias reportadas en los artículos, y que fueran representativos de distintos hábitat: cuerpos de agua similares a Cuatrociénegas, y otros diferentes. Estas secuencias de la literatura se trataron de igual manera que las nuestras, y obtuvimos que los artículos enfocados al estudio de bacterias marinas que-



dan agrupados junto con nuestro estudio, y son significativamente distintos del grupo de artículos en sitios no marinos (incluidos aquí los lagos salados).

De esta manera hemos demostrado que es posible rastrear el origen de las bacterias utilizando para ello análisis de las firmas genéticas como el que aquí presentamos.

Agradecimientos

Gracias a la Conabio (Proyecto AE015), NASA (NCC2-1051), Conacyt/ Semarnat (C01-0246), por el financiamiento. A Antonio Cruz, Aldo Valera y Rodrigo González por su ayuda técnica.

Un espeleólogo subacuático del grupo italiano de La Venta —que ha llevado a cabo estudios para entender el complejo sistema subterráneo de Cuatrociénegas— ha encendido sus lámparas antes de iniciar una exploración en Pozas Azules.

© Paolo Petrigiani



Bibliografía

- Conabio (página web): www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_049.htm
- Elsler, J.J., J.H. Schampel, F. García-Pichel, B.D. Wade, V. Souza, L. Eguiarte, A. Escalante y J.D. Farmer. (En prensa). Effects of phosphorus enrichment and grazing snails on modern stromatolitic microbial communities. *Freshwater Biology*.
- Hill, G.T., N.A. Mitkowski, L. Aldrich-Wolfe, L.R. Emele, D.D. Jurkonie, A. Ficke, S. Maldonado-Ramírez, S.T. Lynch y E.B. Nelson. 2000. Methods for assessing the composition of soil microbial communities. *Applied Soil Ecology* 15:25-36.
- Minckley, W.L. 1969. *Environments of the Bolsón of Cuatrociénegas, Coahuila, Mexico, with special reference to the aquatic biota*. University of Texas, El Paso Science Series. El Paso, Texas Western Press.
- Winsborough, B.M. y J.S. Seeler. 1984. Diatom epiflora, limnic stromatolites and microbial mats. The relationship of diatom epiflora to the growth of limnic stromatolites

and microbial mats. *8th Diatom Symposium*, pp. 395-407, láms. 1-4.

Winsborough, B.M. 1990. Some ecological aspects of modern freshwater stromatolites in lakes and streams of the Cuatrociénegas basin, Coahuila, Mexico. Doctoral Dissertation, University of Texas, Austin.

Woese, C.R. 1987. Bacterial evolution. *Microbiol. Rev.* 51:221-271.

Woese, C.R., O. Kandler y M.L. Wheelis. 1990. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 87:4576-4579.

A la izquierda: especie endémica de cíclido.

Arriba: seis especies de crustáceos son endémicas de las pozas de Cuatrociénegas.

© George Grall

*Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental, Instituto de Ecología, UNAM. souza@servidor.unam.mx