

¿Sabías que existen ambientes hipersalinos?

Santiago Cadena Rodríguez

Los ambientes hipersalinos son totalmente desconocidos para la sociedad. La salinidad del agua de mar es en promedio 3.5%, siendo el cloruro de sodio el componente principal. Como su nombre lo indica, los ambientes hipersalinos son aquellos lugares con concentraciones de sales elevadas superiores al 10%. Pueden encontrarse en lagunas costeras donde la inclinación de la costa no es muy pronunciada y el agua queda estancada cuando sube la marea, así con la evaporación originada por el sol, los cristales de sal se depositan y concentran sobre la arena (Ventosa 2006).

La vida en los ambientes hipersalinos es difícil debido a que la salinidad origina un estrés demasiado fuerte, por lo cual la gran mayoría de los seres vivos son incapaces de vivir en estos ecosistemas, sin embargo la vida microbiana es la única forma de vida que ha podido adaptarse a sobrevivir bajo estas condiciones extremas de salinidad (Kerker 2004). Estos microorganismos crecen como colonias conjuntas sobre la arena, por lo cual tienen el aspecto de una alfombra encima del suelo. Formalmente a estas estructuras se les denomina tapetes microbianos y tienen una importancia ecológica vital para el funcionamiento de los ecosistemas hipersalinos así como un gran potencial biotecnológico para el desarrollo de bienes y servicios para el hombre así

como para la vinculación y transferencia de tecnología en la sociedad (Cadena 2014).

Tapetes microbianos de ambientes hipersalinos

Generalmente los ambientes hipersalinos tienen un aspecto anaranjado debido a que los microorganismos que viven allí producen un pigmento con dicha coloración como una medida para la protección solar, aunque pueden variar en coloración desde el rosado hasta el rojo de acuerdo a la salinidad y a otros factores fisicoquímicos (Figura 1).



Figura 1. Imagen de un ambiente hipersalino en planicies de evaporación asociadas a la Laguna San Ignacio, B.C.S, México

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a la Presa San José 2055, Col. Lomas 4 sección, C.P. 78216, San Luis Potosí, México.

Correo electrónico del autor: santiago.cadena@ipicyt.edu.mx

Responsable del seguimiento del manuscrito: Santiago Cadena Rodríguez.

Los tapetes microbianos de ambientes hipersalinos tienen un crecimiento muy particular, se organizan en estratos horizontales de acuerdo a un gradiente físico-químico (Figura 2). Se ha encontrado que la actividad metabólica de estos microorganismos es la base de este ecosistema, ya que reciclan los nutrientes, precipitan minerales, producen oxígeno, sulfuro, metano, dióxido de carbono, hidrógeno entre otros gases (López-Cortés *et al.* 1985, Des Marais 2003).



Figura 2. Imagen de un tapete microbiano perteneciente a la salinera exportadora de sal en Guerrero Negro, B.C.S., México.

¿Cuál es el potencial biotecnológico de los tapetes microbianos de ambientes hipersalinos?

El principal beneficio de los tapetes microbianos está relacionado a la producción de sal. La actividad de estos microorganismos favorece la precipitación del cloruro de sodio, por lo cual durante muchos años estos microbios han sido estudiados para mejorar la producción de sal en las salineras. El uso más conocido de la sal es para la conservación de alimentos, sin embargo también es utilizada en la industria textil y farmacéutica, para la fabricación de plásticos, jabones, detergentes entre otros productos (López-Cortés 1998). La sal también ha contribuido al desarrollo de nuestro vocabulario, por ejemplo la palabra “salario” tiene su origen en la antigua Roma, en donde a los obreros y soldados les pagaban con sal por su trabajo.

Por otro lado, los microorganismos que viven en los ambientes hipersalinos también ofrecen una gran variedad de aplicaciones en distintas áreas de la biotecnología. Existe un grupo particular de microbios que sólo viven en estos ecosistemas, que producen una molécula denominada bacteriorodopsina. Esta molécula es un pigmento de coloración púrpura que los microorganismos la utilizan como protector solar, ya que tiene capacidades funcionales relacionadas a la captación de luz para la generación de energía. Curiosamente, la bacteriorodopsina es una proteína parecida al pigmento de las células de la retina de los ojos en el humano, por lo cual esta molécula ha sido estudiada para ser utilizada en la generación de hologramas, construcción de retinas artificiales, desarrollo de sensores de luz entre otros (Margesin & Schinner 2001).

Los microorganismos han desarrollado dos distintas estrategias para sobrevivir ante las altas concentraciones de salinidad. La primera consiste en acumular sales dentro de la célula hasta alcanzar concentraciones similares o mayores a la del medio externo. En la segunda estrategia los microbios excluyen las sales de la célula mediante la producción de moléculas orgánicas sobre sus membranas celulares denominadas osmolitos (Oren 2001). Dado que los osmolitos brindan protección y estabilidad a las células microbianas, se ha encontrado que estas moléculas son de gran utilidad para la preservación de alimentos, medicinas y vacunas, por lo cual existe toda un área de estudio alrededor de la producción de osmolitos orgánicos a partir de microbios de ambientes hipersalinos (Margesin & Schinner 2001).

En los ambientes hipersalinos hay baja disposición de nutrientes, con lo cual algunos microorganismos se han especializado en acumular sustancias de reserva energética. Las propiedades que tienen estas sustancias son similares a las que presenta el polietileno o el polipropileno, los cuales son componentes del plástico PET (Margesin & Schinner 2001). La contaminación originada por plástico es uno de los problemas ambientales más graves originado por la humanidad, ya que éstos

tienen un tiempo de vida de degradación de alrededor de 500 años. Así una de las metas actuales de la ciencia consiste en desarrollar nuevos materiales bioplásticos que sustituyan los plásticos actuales. De esta manera, existen áreas de investigación relacionadas a la producción de bioplásticos a partir de microorganismos de ambientes hipersalinos.

Novedosamente se ha encontrado que algunos microorganismos hipersalinos pueden ser utilizados para generar nuevas fuentes de energía alterna. Existen dos principales biocombustibles que han sido estudiados en estos ambientes: el hidrógeno y el metano (Cadena 2014, García-Maldonado 2014). El hidrógeno probablemente sea la principal fuente de energía en el futuro ya que puede ser fácilmente convertido a electricidad o combustible. El metano es un gas hidrocarburo que cuando se combustiona libera calor, por lo cual es utilizado en hogares e industrias para la cocción de los alimentos y calefacción (Ramos *et al.* 2012). Por otro lado, para el abastecimiento de energía eléctrica, los pigmentos captadores de luz (como la bacteriorodopsina) de los microorganismos de ambientes hipersalinos, han sido utilizados para el desarrollo de paneles solares y celdas fotoeléctricas (Margesin & Schinner 2001). Actualmente uno de los paradigmas de la ciencia es el desarrollo de fuentes de energía renovable de nueva generación de bajo impacto al medio ambiente, ya que estos combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales como el petróleo o el carbón sin producir contaminantes secundarios. De esta manera el estudio de las poblaciones microbianas asociadas a la generación de energía permitirá desarrollar nuevas estrategias que incrementen la obtención de este recurso en reactores biotecnológicos.

Ambientes hipersalinos y la exploración espacial de vida

Actualmente son escasos los ambientes hipersalinos, sin embargo se cree que en la tierra primitiva, durante el establecimiento del ciclo del agua y de las mareas, se originaron una gran cantidad de estos ambientes

sobre distintas superficies continentales en todo el mundo, por ello son considerados entre los ecosistemas más antiguos sobre el planeta (López-Cortés 1998, Gerdes 2010). De esta forma, los microorganismos que crecen en estos ambientes también tienen miles de millones de años de antigüedad y han repercutido en el flujo de los nutrientes en el suelo y en la atmósfera durante todo este tiempo, ya que también liberan gases como el oxígeno, dióxido de carbono y metano (López-Cortés *et al.* 1985, Hoehler *et al.* 2001).

Los ambientes hipersalinos son un tipo de ambiente extremo para la vida, en donde sólo los microorganismos pueden prosperar. Se cree que este tipo de ecosistemas pueden ser posibles en otros planetas. Por ejemplo, en Marte la sonda espacial Odyssey ha tomado imágenes de la superficie del planeta rojo y se ha encontrado zonas con altas concentraciones de cloruro de sodio, por lo que se ha sugerido que deben interpretarse como formaciones de salmuera de ambientes hipersalinos. Así, el estudio de estos ambientes nos permitirá conocer bioindicadores de vida microbiana para detectar ecosistemas similares en otros planetas (Des Marais 2003, Osterloo *et al.* 2008).

El estudio de los ambientes hipersalinos en México

En México, la península de Baja California Sur presenta las condiciones naturales para la formación de ambientes hipersalinos y de tapetes microbianos. A lo largo de la costa cerca de Laguna San Ignacio se forman planicies de inundación donde el agua se evapora y crecen microorganismos con coloración rojiza (Fig. 1), estos ecosistemas constituyen un patrimonio natural nacional (López-Cortés 1998).

También, en Baja California Sur se encuentra la segunda salinera más grande de todo el mundo, llamada Exportadora de Sal S.A. de C.V. La empresa está comprendida por una serie de 13 estanques interconectados que concentran el agua de mar procedente de la Laguna Ojo de Liebre, a través de los

estanques se va evaporando el agua para cultivar y cosechar la sal. Estos tapetes microbianos han sido estudiados por más de 60 años debido a que la empresa es algo parecido a un experimento a mega escala, ya que los parámetros fisicoquímicos son constantemente monitoreados y regulados para la producción de sal, con lo cual se forman tapetes microbianos con poca perturbación, bien diferenciados y metabólicamente muy activos (Des Marais 2010) (Fig. 2).

Dentro del país existen más ambientes hipersalinos, sin embargo poco se sabe de ellos y algunos aún permanecen inexplorados. Uno de los ambientes hipersalinos naturales muy bien estudiado desde hace más de 20 años se encuentra en el Valle de Cuatro Ciénegas en Coahuila. Allí, los cuerpos de agua tienen una dinámica trófica análoga a la que ocurrió durante el Cámbrico temprano, por lo cual la comunidad científica ha denominado a esta localidad como un laboratorio natural de astrobiología (Souza et al. 2004).

México es el séptimo productor de sal a nivel mundial y es el primero en América Latina. Existen salineras en Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Oaxaca y Yucatán, siendo estas localidades un recurso aún inexplorado por la investigación científica para el estudio de los microorganismos de estos lugares y sus implicaciones ecológicas, evolutivas y biotecnológicas. Además es importante que la sociedad conozca sobre estos temas que no siempre son tan difundidos por los medios de comunicación, ya que son lugares muy interesantes que constituyen una parte de la riqueza y patrimonio cultural y ecosistémica de la nación.

Agradecimientos

Un cordial agradecimiento a la empresa Exportadora de Sal, S.A. de C.V. por el acceso al sitio de campo en Guerrero Negro, B.C.S. También a Adrián Villavisencio Cerda y a Ignacio Lereé Murillo por su valiosa ayuda para la recolección de las muestras.

Bibliografía

- Cadena, R.S. 2014. Análisis de comunidades microbianas asociadas a la producción de metano en tapetes microbianos de ambientes hipersalinos naturales y manipulados. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. 110 pp.
- Des Marais, D. 2003. Biogeochemistry of hypersaline microbial mats illustrates the dynamics of modern microbial ecosystems and the early evolution of the biosphere. *The Biological Bulletin* 204: 160-167.
- Des Marais, D. 2010. Marine Hypersaline Microcoleus-Dominated Cyanobacterial Mats in the Saltern at Guerrero Negro, Baja California Sur, Mexico. Pp. 401-420. In: J. Seckbach & A. Oren (eds.). *Microbial Mats: Modern and Ancient Microorganisms in Stratified Systems. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*.
- García-Maldonado, J.Q. 2014. Producción de metano en ambientes hipersalinos: diversidad microbiana, estructura y función de la comunidad de arqueas metanógenas. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S., México, 94 pp.
- Gerdes, G. 2010. What are Microbial Mats?. Pp. 3-25. In: Seckbach J. & A. Oren (eds.). *Microbial Mats Modern and Ancient Microorganisms in Stratified Systems*. Springer Netherlands. *Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*.
- Hoehler, T.M., Bebout B.M. & D.J. Des Marais. 2001. The role of microbial mats in the production of reduced gases on the early Earth. *Nature* 412: 324-327.
- Kerkar, S. 2004. Ecology of Hypersaline Microorganisms. Pp. 37-47. In: Ramaiah. N. (ed.). *Marine Microbiology: Facets and Opportunities*. Department of Biotechnology, Goa University Goa.
- López-Cortés A., Margulis L. & J. Stolz. 1985. Las comunidades microbianas estratificadas de Baja California Norte. *Ciencia y Desarrollo*. 59: 45-52.
- López-Cortés, A. 1998. Ecología y biotecnología de las comunidades microbianas. *Ciencia y Desarrollo* 134: 10-17.
- Margesin, R. & F. Schinner. 2001. Potential of halotolerant and halophilic microorganisms for biotechnology. *Extremophiles* 2: 73-83.
- Oren, A. 2001. The bioenergetic basis for the decrease in metabolic diversity at increasing salt concentrations: implications for the functioning of salt lake ecosystems. *Hydrobiologia* 466: 61-72.
- Osterloo, M.M., V.E. Hamilton, J.L. Bandfield, T.D. Glotch, A.M. Baldrige, P.R. Christensen, L.L. Tornabene & F.S. Anderson. 2008. Chloride-Bearing Materials in the Southern Highlands of Mars. *Science* 319: 1651-1654.

- Ramos, A.E., Balsameda E.J., Farfán García J.N., García Maldonado J.Q., García O. H., Gutiérrez F.J., Gutiérrez F.S., López-Cortéz A., Mendoza C.I., Moukhamed T.M., Reyes-Gómez S.E., Santana-Rodríguez G., Santiago de la Cruz A. & P. Villareal. 2012. Bioenergía, Química y Energía Sostenible. Terracota. México.
- Souza, V., Escalante A., Espinoza L., Valera A., Cruz A., Eguiarte L.E., García-Pichel F. & J. Elser. 2004. Cuatro Ciénegas: un laboratorio natural de astrobiología. *Ciencias* 75: 4-12.
- Ventosa, A. 2006. Unusual micro-organisms from unusual habitats: hypersaline environments. Cambridge University Press. Sevilla, Spain, 223-253 pp.

Recibido: 04 de Junio de 2015

Aceptado: 09 de Junio de 2015