

Aplicación biotecnológica de las algas que habitan en los tapetes microbianos de las fuentes termales de Comanjilla, Gto.

Díaz de León Velázquez María Regina¹, Altamirano Huerta Heizel Jazel², Morales Godínez Daniela³, Ramírez Ortiz Arely³, Rangel Samano Reyna Irais³, Noriega Luna Berenice¹

1 División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

2 División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.

3 División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

Resumen

Las fuentes termales en México no han sido estudiadas desde el punto de vista microbiológico y por lo tanto poco se conoce sobre su riqueza microbiana. A nivel mundial estos ambientes han cobrado gran importancia no solo por la necesidad de entender la estructura de las comunidades microbianas que allí habitan, sino por el potencial biotecnológico que representan. Estudios anteriores han demostrado que la presencia de organismos como las algas determinan las condiciones fisicoquímicas del medio acuoso, por lo que se convierten en un referente del estado ecológico del mismo. Además, estos organismos representan un amplio potencial biotecnológico. Es importante realizar estudios para conocer la diversidad microbiana presente en ambientes extremos con el fin de identificar los microorganismos y organismos que la conforman. En este trabajo se analizaron muestras de tapete microbiano tomadas en las aguas termales de una zona geotérmica de Comanjilla, Gto., con el fin de conocer su riqueza microbiana.

Palabras clave: Diatomeas, aplicación biotecnológica, Comanjilla

Introducción

Las diatomeas son organismos unicelulares, eucariotas y fotosintéticos, son algas microscópicas que contienen sílice y poseen diferentes formas geométricas, forman biopelículas y se producen en lugares húmedos donde es posible se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis. Estos organismos viven generalmente en ecosistemas marinos de agua dulce y terrestres, sin embargo, algunos estudios los han descrito en ecosistemas de aguas termales (Ghozzi et al. 2013).

La química de las aguas termales varía mucho y depende principalmente de las propiedades de la roca madre. Debido a los gradientes de temperatura presentes en el canal de flujo de las aguas termales pueden establecerse diferentes comunidades microbianas (halófilos, termófilos, barófilos, psicrófilos y acidófilos) (Singh, 2006; Lengeler et al. 1999; Austain, 1988). Los manantiales termales contienen microorganismos con vías bioquímicas y productos metabólicos inusuales para aplicaciones biotecnológicas (Lukavsky et al. 2011). Las diatomeas de la zona geotérmica de Guanajuato han sido estudiadas para obtener información sobre la diversidad de géneros y especies que habitan en estas aguas.

Los manantiales termales son numerosos (173) y se distribuyen con frecuencia en varios lugares del estado de Guanajuato, como resultado de la actividad tectónica y de los fenómenos posteriores al intenso volcanismo de que ha sido objeto el territorio, ya que pertenece a las provincias fisiográficas de la Mesa del Centro, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. Particularmente en la zona geotérmica de Comanjilla se encuentran 25 manantiales hidrotermales, algunos como calderas con deposición de azufre y sales, con temperaturas entre 70°C y 92°C, distribuidos en un área de 1.2 km². La presente investigación se basa en la caracterización de la diversidad de diatomeas termófilas en tapetes microbianos formados sobre las aguas termales, ya que representan un importante recurso para los procesos biotecnológicos, para las industrias alimentaria y farmacéutica, para nanobiotecnología, para la producción de biocombustibles y como indicadores de la calidad del agua y el medio ambiente (Kale y Karthick, 2015).

Desarrollo

Se tomaron muestras al azar de tapetes microbianos y se analizaron a través de microscopía óptica. Las muestras de los tapetes se fijaron con una solución de glutaraldehído al 2,5% en tampón fosfato 0.1M. Después de la fijación las muestras se lavaron con buffer de fosfatos y finalmente se deshidrataron con etanol. Las muestras se observaron con microscopio con objetivo 100X. Para la asignación genérica de las diatomeas se utilizó la guía de Round et al. (1990).

Una vez analizadas las muestras de los tapetes al microscopio óptico, se identificaron un total de siete especies de diatomeas en los tapetes microbianos formados sobre las aguas termales de la zona geotérmica de Comanjilla. Las diatomeas pertenecen a la clase *Bacillariophyceae* y están representadas por los órdenes *Naviculales*, *Cymbellales*,

Achnanthes, *Bacillariales* y *Rhopalodiales*. Las formas celulares que se observaron fueron elípticas y lineales (Figura 1).

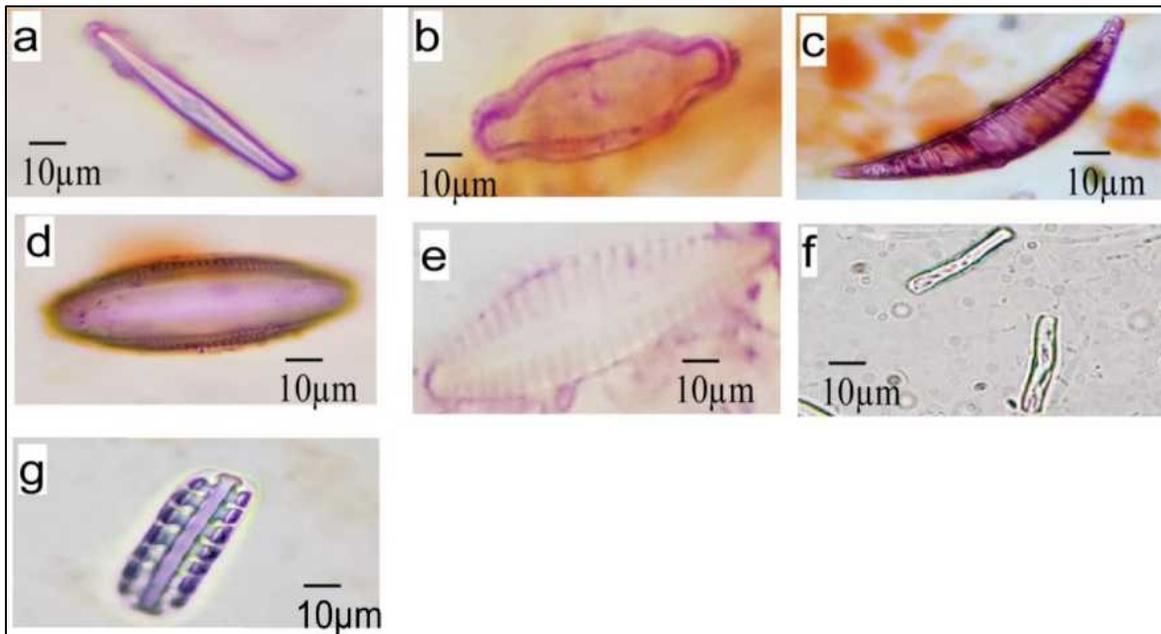


Figura 1. Diatomeas identificadas: a) *Sellaphora disjuncta*; b) *Navicula detenta*; c) *Rhopalodia gibberula*; d) *Cocconeis peiculus*; e) *Gomphoneis eriense* var. *apiculate*; f) *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*; g) *Denticula tenuis* Kützing.

A través de una revisión bibliográfica se investigaron las aplicaciones de cada una de las especies de diatomeas presentes en los tapetes microbianos. De acuerdo con literatura reciente, estas especies de diatomeas presentan aplicaciones muy diversas como: a) biomonitores o bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua y del ambiente, b) agentes antibacterianos, antivirales y antioxidantes, c) biomasa para alimento en granjas de peces, d) en la síntesis de compuestos anticancerígenos y e) indicador en las ciencias forenses (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicaciones descritas en la literatura para las diatomeas identificadas en los tapetes microbianos de la zona geotérmica de Comanjilla, Gto.

DIATOMEA	APLICACIONES	REFERENCIAS
<i>Sellaphora disjuncta</i>	Se ha utilizado como bioindicador para valorar la calidad del agua y ambiente.	Mora et al. 2015.
<i>Navicula detenta</i>	Como agente antibacterial, antiviral y antioxidante. Se cultiva como biomasa para alimento en granjas de peces. En la síntesis de moléculas anticáncer. Indicador biológico en las ciencias forenses.	Fimbres-Olivarría et al. 2016. Lee et al. 2009. Kuppusamy et al. 2017 Verna, 2013.
<i>Cocconeis pediculus</i>	Capacidad de bioacumulación de metales pesados, útil en biorremediación de aguas contaminadas. Biomonitor en la calidad de agua.	Atici et al. 2008. Bojorge et al. 2014.
<i>Rhopalodia gibberula</i>	En el tratamiento de aguas residuales como bioindicador.	Jamali et al. 2012. Barinova et al. 2019 Zhang et al. 2019
<i>Gomphonopsis eriensis</i> var. <i>apiculata</i>	En la evaluación de la calidad del agua de los sistemas lóticos y lénticos.	Datta et al. 2019
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i>	Bioindicador de las condiciones medioambientales del agua.	Kobayasi et al. 1981. Valadez, 2009.
<i>Denticula tenuis</i> Kützting	En la eliminación de nutrientes y contaminantes residuales. Para la protección de las masas de agua receptoras y en el desarrollo de tratamientos sostenibles de los residuos o lodos.	Congestri et al. 2005. Jamali et al. 2012. Wojtal and Sobczyk, 2012

Los resultados de este trabajo constituyen el primer informe sobre la riqueza microbiana presente en tapetes microbianos de las aguas termales en México, en donde bacterias termófilas como *Brevibacillus agri* y *Paenibacillus sp.*, viven en asociación con las diatomeas de la clase *Bacillariophyceae* representadas por los órdenes: *Naviculales*, *Cymbellales*, *Achnanthes*, *Bacillariales* y *Rhopalodiales* y cianobacterias filamentosas del orden *Nostocales*. Las diatomeas (*Bacillariophyceae*) comprenden un grupo ubicuo y distintivo de algas unicelulares, que se caracterizan por sus paredes celulares silíceas llamadas frústulas. De acuerdo a la literatura, las diatomeas contribuyen de manera significativa a la productividad de muchos ecosistemas, y a menudo constituyen la base de las cadenas alimenticias acuáticas y además son indicadores ecológicos (Srivastava et al. 2016; Ponader y Charles, 2003, Cox, 1996, De la Rey et al. 2004). En los últimos años se han estudiado por su gran potencial en dispositivos químicos, en baterías de celdas solares y en dispositivos de electroluminiscencia (Kröger y Poulsen, 2008). Asimismo, se han considerado para bioaplicaciones, inmovilización de biomoléculas, detección de gases y biomasas (Medarevic et al. 2015). Sin embargo, actualmente, el principal interés se centra en su aplicación en: a) la nanotecnología y la biotecnología, b) en el análisis de problemas ecológicos como el cambio climático, la acidificación y la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, c) en la síntesis de biomateriales y d) la degradación de los desechos (Dolatbadi y de la Guardia 2011; Atazadeh y Sharifi 2010; Atazadeh et al. 2007). Todas estas aplicaciones se refieren a diatomeas que habitan en los ecosistemas marinos, ríos,

estuarios, y suelos, principalmente. En este trabajo reportamos especies de diatomeas que conviven con otros microorganismos como bacterias y cianobacterias en un ecosistema cuya temperatura supera los 90°C, lo que representa una oportunidad para las aplicaciones y usos de estos organismos y microorganismos presentes en este ecosistema poco explorado.

Conclusiones

Las diatomeas presentes en los tapetes microbianos que se forman sobre las aguas termales de la zona geotérmica de Comanjilla, Gto., poseen características metabólicas y fisiológicas que les permite su adaptación a entornos ambientales con condiciones extremas lo que puede facilitar su aplicación en la industria biotecnológica. En base a esto, las fuentes térmicas representan un nuevo escenario para el estudio y uso de las diatomeas térmicas como fuentes alternativas de energía.

Bibliografía/Referencias

- Atazadeh, I., Kelly, M.G., Sharifi, M., Beardall, J., 2010. The effects of copper and zinc on biomass and taxonomic composition of algal periphyton communities from the River Gharasou, western Iran. *Oceanol Hydrobiol St*, 38(3): 3-14.
- Atazadeh, I., Sharifi, M., Kelly, M.G., 2007. Evaluation of the Trophic Diatom Index for assessing water quality in River Gharasou, western Iran. *Hydrobiologia*, 589, 165349
- Atici, T., Ahiska, S., Altindag, A. & Aydin, D. (2008). Ecological effects of some heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) pollution of phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Sariyar Dam Reservoir in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 7 (12):1972-1977.
- Austain, B., 1988. *Methods in Aquatic Bacteriology*. A Wiley -Interscience Publication. 222-231.
- Barinova, S., Bondar, A., Ryabushko, L., and Kapranov, S. (2019). Microphytobenthos as an Indicator of Water Quality and Organic Pollution in the Western Coastal Zone of the Sea of Azov. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 48(2): 125-39.
- Bojorge, M., Carmona, J. & Ramírez, R. (2014) Species richness and diversity of benthic diatom communities in tropical mountain streams of Mexico, *Inland Waters*, 4:3, 279-292
- Congestri, R., Cox, E.J., Cavacini, P., Albertano, P. (2005). Diatoms (bacillariophyta) in phototrophic biofilms colonising an italian wastewater treatment plant. *Diatom Research*, 20(2), 241-255. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2005.9705634>
- Cox, E.J., 1996. *Identification of Freshwater Diatoms from Live Material*. (Chapman and Hall, London, U.K.).
- Datta A., Marella TK, Tiwari A., Wani SP. (2019) Las diatomeas: de indicadores eutróficos a mitigadores. En: Gupta SK, Bux F. (eds) *Aplicación de microalgas en el tratamiento de aguas residuales*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13913-1_2
- De La Rey, P.A., Taylor, J.C., Las, A., Van Rensburg, L., Vosloo, A., 2004. Determining the possible application value of diatoms as indicators of general waterquality - A comparison with SASS 5. *Water SA* 30(3) 325-332.
- Dolatabadi, J.E.N., De la Guardia, M., 2011. Applications of diatoms and silica nanotechnology in biosensing, drug and gene delivery, and formation of complex metal nanostructures. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 30(9): 1538-1548.
- Fimbres-Olivarría, D., López-Elías, J. A., Carvajal-Millán, E., Márquez-Escalante, J. A., Martínez-Córdova, L. R., Miranda-Baeza, A., ... & Brown-Bojórquez, F. (2016). Navicula sp. sulfated polysaccharide gels induced by Fe (III): rheology and microstructure. *International journal of molecular sciences*, 17(8): 1238.
- Ghazzi, K., Zemzem M., Dhiab, R. B., Challouf, R., Yahia, A., Omrane, H., Ouada, H.B., 2013. Screening of thermophilic microalgae and cyanobacteria from Tunisian geothermal sources. *Journal of Arid Environments*, 97: 14-17.
- Jamali, A. A., Akbari, F., Ghorakhlou, M. M., de la Guardia, M., & Khosroushahi, A. Y. (2012). Applications of diatoms as potential microalgae in nanobiotechnology. *BioImpacts*, 2(2):83-89. <https://doi.org/10.5681/bi.2012.012>
- Jamali, A. A., Akbari, F., Ghorakhlou, M. M., de la Guardia, M., & Khosroushahi, A. Y. (2012). Applications of diatoms as potential microalgae in nanobiotechnology. *BioImpacts*, 2(2): 83-89. <https://doi.org/10.5681/bi.2012.012>
- Kale, A., Karthick, B., 2015. The Diatoms Big Significance of Tiny Glass Houses. *Resonance*, 919-930.
- Kobayasi, H., & Mayama, S. (1989). Evaluation of river water quality by diatoms. *The Korean Journal of Phycology*, 4(2): 121-133.
- Kroger, N., Poulsen, N., 2008. Diatoms-from cell wall biogenesis to nanotechnology, *Annu. Rev. Genet.* 42: 83-107.
- Kuppusamy, P., Soundharrajan, I., Srigopalram, S., Yusoff, M. M., Maniam, G. P., Govindan, N., & Choi, K. C. (2017). Potential pharmaceutical and biomedical applications of Diatoms microalgae-An overview.
- Lee, S-H., Karawita, R., Affan A., Lee, J-B., Lee, K-W., Lee, B-J, & Jeon, Y-J. (2009). Potential of benthic diatoms *Achnanthes longipes*, *Amphora coffeaeformis* and *Navicula* sp. (Bacillariophyceae) as antioxidant sources. *Algae*, 24(1): 47 - 55.

- Lengeler, J.W., Drews, G., Schlegel, H. G., 1999. The biology off the prokaryotes. Thieme, Stuttgart, Germany, p.205-206.
- Lukavsky, J., Furnadzhieva, S., Pilarski, P., 2011. Cyanobacteria of the thermal spring at Pancharevo. *Acta Bot. Croat.* 70 (2), 191-208.
- Medarevic, D., Losic, D., Ibric, S., 2015. Diatoms - Nature materials with great potential for bioapplications. *Hemijaska industrija.* 70 (00) :69-69.
- Mora, D., Carmona, J., & Cantoral-Uriza, E. (2015). Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad.* [ebook] volumen 86, issue 4, pp.1024-1040. Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345315001220>> [Visitado el 25 de junio de 2021].
- Ponader K and Charles D. 2003. Understanding the relationship between natural conditions and loadings on eutrophication: Algal indicators of eutrophication for New Jersey streams. Final Report Year 2. Report No. 03-04. Philadelphia, Pa.: The Academy of Natural Sciences, Patrick Center for Environmental Research.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G., 1990. *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Singh, S.P., 2006. Extreme Environments and Extremophiles, in National Science Digital Library (CSIR): E- Book, Environmental Microbiology. CSIR, India. 1-35.
- Srivastava, P., Verma, J., Grover, S., Sardar, A., 2016. On the importance of diatoms as ecological indicators in river ecosystems: a review. *Indian Journal of Plant Sciences,* 5 (1): 70-86.
- Valadez Cruz, F. (2009). Biodiversidad del perifiton y fitoplancton de los cenotes Playa del Carmen, Quintana Roo: sustento para el empleo de bioindicadores de la calidad del agua. Conferencia: Foros Estatales de Educación Ambiental y de Cenotes At: Chetumal, Quintana Roo. México Affiliation: CICY, Unidad Cancún-Centro para el Estudio del Agua.
- Verma, K. (2013). Role of diatoms in the world of forensic science. *J Forensic Res,* 4(2), 181-84
- Wojtal, A. Z., & Sobczyk, Ł. (2012). The influence of substrates and physicochemical factors on the composition of diatom assemblages in karst springs and their applicability in water-quality assessment. *Hydrobiologia,* 695(1): 97-108. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1203-0>
- Zhang, Fan, Zheng Ding, Haofei Gong, and Jie Chi. (2019). Effects of Microphytobenthos *Cylindrotheca Closterium* on the Fate of Di-n-Butyl Phthalate in an Aquatic Microcosm. *Marine Pollution Bulletin,* 140: 101-6. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.033>.