

Ciencia



humanidad y cultura

Determinación de Microcistina-LR en agua del lago de Güija

Determination of Microcystin-LR in water from Güija lake

Mildred Amparo Sandoval de Avelar

Maestra en Salud Pública por la Universidad de El Salvador

Licenciada en Química y Farmacia por la Universidad de El Salvador

Investigadora de la Universidad Autónoma de Santa Ana

mildred.sandoval@unasa.edu.sv

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8509-2335>

Adán Alexis Acosta Martínez

Maestro en control de las enfermedades infecciosas por la Universitat de Barcelona

Licenciado en Laboratorio Clínico por la Universidad Autónoma de Santa Ana

Investigador de la Universidad Autónoma de Santa Ana

Investigador2@unasa.edu.sv

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6378-5739>

Recibido: 23 de octubre de 2023

Aceptado: 11 de junio de 2024

Vol. 3, N ° 3, 2024



Resumen

Las cianotoxinas son producidas por cianobacterias que pueden encontrarse en agua continental y marina, son importantes para la salud pública por su potencial hepatotoxicidad y afectación a los ecosistemas acuáticos; la microcistina-LR es una toxina producida por ciertas cianobacterias que pueden estar presentes en cuerpos de agua, por lo que es importante su monitoreo. Considerando que, por efecto del cambio climático, en el lago de Güija pueden suscitarse condiciones ambientales propicias, esta investigación se propuso detectar la presencia de microcistina-LR, para lo cual se realizó un muestreo en diez puntos representativos del lago analizando agua superficial a través del Ensayo de Inmunoabsorción Ligado a Enzimas (ELISA). La investigación fue de tipo y alcance descriptivo, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia y la muestra final estuvo constituida por diez muestras de agua de puntos georreferenciados en el lago. Los resultados mostraron que ninguno de los valores de microcistina-LR superó el límite de $1 \mu\text{g/L}$ establecido por la Organización Mundial de la Salud en los puntos muestreados. Estos resultados son similares a otros estudios realizados en otros lagos, sugiriendo la importancia de gestionar adecuadamente el ingreso de nutrientes al agua. Aunado a esto, es importante que en el futuro se desarrollen investigaciones en donde se incluya la identificación de cianobacterias y la cuantificación de clorofila-a, para desarrollar una evaluación holística del fenómeno en ese y otros cuerpos de agua.

Palabras clave: : cianobacterias; cianotoxinas; microcistina-LR; ecosistemas acuáticos.

Abstract

Cyanotoxins are produced by cyanobacteria that can be found in continental and marine water. They are important for public health due to their potential hepatotoxicity and impact on aquatic ecosystems; Microcystin-LR is a toxin produced by certain cyanobacteria that may be present in bodies of water, so its monitoring is important. Considering that, due to the effect of climate change, favorable environmental conditions may arise in Güija Lake, this research aimed to detect the presence of microcystin-LR, for which sampling was carried out at ten representative points of the lake, analyzing surface water by the Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA). This was a descriptive type and scope investigation, the sampling was non-probabilistic for convenience and the final sample consisted of ten water samples from georeferenced points in the lake. The results showed that none of the microcystin-LR values exceeded the limit of $1 \mu\text{g/L}$ established by the WHO at any of the sampled points. These results are similar to other studies carried out in other lakes, suggesting the importance of properly managing nutrients entering the water. Future research should include the identification of cyanobacteria and the quantification of chlorophyll-a, for a holistic evaluation of the phenomenon in that and other bodies of water.

Key words: cyanobacteria; cyanotoxins; microcystin-LR; aquatic ecosystems.



Introducción

Una de las principales actividades humanas asociadas a la eutrofización de los cuerpos de agua es la agricultura, esta actividad permite el ingreso de residuos de la fertilización de cultivos al agua de los ecosistemas acuáticos (Moss, 2007).

En relación con lo anterior, la eutrofización es el aporte de nitrógeno y fósforo al agua, los cuales funcionan como nutrientes para la proliferación del fitoplancton (García y Miranda, 2020) y pueden catalizar el aumento de biomasa de cianobacterias cuando existen condiciones propicias, asimismo las cianobacterias pueden producir cianotoxinas.

Según la Organización Mundial de la Salud, las cianotoxinas son de importancia para la salud pública por su potencial capacidad para causar hepatotoxicidad, neurotoxicidad y efectos carcinogénicos (WHO, 2001); además, la proliferación de cianobacterias también puede afectar a los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad.

De acuerdo con esto, es importante destacar que las floraciones de las cianobacterias generalmente se acumulan en el agua cuando alcanzan una densidad celular alta (Herrera, Flórez y Echeverry, 2015). Esto significa que los ambientes de exposición para el ser humano pueden ser los reservorios de agua con alto contenido en nutrientes, en los cuales se desarrollan diferentes actividades (Barbosa, Gorlash-Lira, y Sassi, 2017).

Según Sandoval y Cárdenas (2019), en el lago de Güija existen niveles fluctuantes de nitratos y fosfatos en relación a la variación climatológica anual y las mayores concentraciones se presentan durante los meses de verano y en las épocas transicionales, estas sustancias pueden actuar como nutrientes para la proliferación de cianobacterias. Además, se ha reportado que el lago de Güija presenta inicios del proceso de eutrofización (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

Dentro de las cianotoxinas, las microcistinas son las más comunes y pueden encontrarse cuando se presenta el fenómeno de floración, en cuerpos de agua continental eutróficas, pueden ser hepatotóxicas y pueden dar lugar a alteraciones gastrointestinales, reacciones alérgicas o irritación de la piel y el mayor riesgo

por toxicidad es su actividad carcinogénica (Barbosa, Gorlash-Lira, y Sassi, 2017).

La microcistina-LR es una toxina producida por ciertas cianobacterias presentes en cuerpos de agua eutrofizados, puede identificarse por métodos de laboratorio como el ensayo inmunoenzimático ELISA que permite su identificación precisa (Zaffiro, Rosenblum y Weldenken, 2016).

Considerando que en el lago de Güija pueden suscitarse condiciones ambientales que sean propicias para encontrar este tipo de fenómeno, para el desarrollo de la investigación se propuso detectar la presencia de microcistina-LR, cuantificando sus niveles; asimismo, identificar visualmente floraciones de cianobacterias y registrar las coordenadas de los puntos positivos donde podrían encontrarse.

Metodología

Esta fue una investigación de tipo y alcance descriptivo, con diseño longitudinal. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia e incluyó muestras de agua superficial (0-5 m), de diez puntos representativos del lago, incluyendo zonas cercanas a los bordes y zonas donde el movimiento del agua disminuye, por considerar que en ellas podrían existir floraciones de cianobacterias. La toma de muestras se realizó en horas diurnas, entre las 8:00 a.m. y las 12:00 m.d.

Las muestras fueron correctamente identificadas y almacenadas en frascos de polietileno de alta densidad. Durante la recolección y manipulación, se utilizaron guantes estériles, los frascos que contenían las muestras, se trasladaron y conservaron bajo temperatura controlada (4 °C) en hielera provista de suficientes bolsas de gel refrigerante (Ice pack) y termómetro para mantener y vigilar la temperatura. El tiempo transcurrido entre el traslado hasta el laboratorio y su posterior análisis fue el mínimo requerido.

El análisis de microcistina-LR se realizó mediante el método ELISA, utilizando tecnología de placa marca MicroCystest en formato de 48 pocillos. Este kit comercial está basado en el bloqueo de la enzima proteína fosfatasa 2^a (PP2A), por las microcistinas y es reconocido por su alta sensibilidad y especificidad. Al efectuar el análisis, la proteína PP2A es inhibida, indicando la presencia de microcistina-LR en la muestra.



Las lecturas de microcistina fueron realizadas en un lector de microplaca ELISA a una longitud de onda de 405 nm y posteriormente la cuantificación se realizó con la ayuda de una hoja de cálculo que obtiene los valores de equivalentes de microcistina-LR.

Resultados

En la tabla 1, se pueden evidenciar los resultados del análisis de microcistina-LR, en agua del lago, ninguno de los valores superó el límite de la Organización Mundial de la Salud para microcistina-LR (1 µg/L), por lo que no hay ningún valor que indique peligro para la salud humana por contacto con agua del lago.

En el caso de la desembocadura río Angue Las Conchas, La Barra y Azacualpa se encontraron niveles de microcistina-LR por debajo del límite de detección (<0.25 µg/L) en ambos muestreos, esto indica que estos puntos tienen niveles muy bajos de microcistina-LR, no representando un riesgo significativo para la salud humana según el valor guía de la OMS (1 µg/L).

En el Mojón (0.28 µg/L), desembocadura del río Cusmapa (0.35 µg/L), Azacualpa 2 (0.26 µg/L) y el Desagüe (0.26 y 0.25 µg/L) tienen niveles detectables, pero tampoco alcanzan el nivel umbral de la OMS; por lo tanto, no representan peligro para la salud humana por exposición, no son considerados peligrosos.

De igual manera, el punto de desembocadura del río Ostúa (0.78 y 0.79 µg/L) y el centro (0.80 µg/L) también tuvieron niveles menores al nivel umbral de la OMS; aunque fueron los más altos en relación al resto durante los monitoreos realizados, tampoco representan peligro (ver tabla 1).

Es importante mencionar que los puntos identificados como desembocadura de los ríos, Cusmapa, Angue y Ostúa, no corresponden al delta de cada río, sino al punto más cercano al que fue posible acceder en lancha en cada monitoreo dentro de la fracción salvadoreña del lago.

Tabla 1. **Resultados del análisis de microcistina-LR en muestras de puntos del lago**

Punto	Microcistina-LR Mx 1	Microcistina-LR Mx 2	µ/L
			µg/L
Las Conchas	<0.25	<0.25	
Desembocadura río Angue	<0.25	<0.25	
La Barra	<0.25	<0.25	
Desembocadura río Ostúa	0.78	0.79	
El Centro	0.80	0.80	
El Mojón	0.28	0.28	
Desembocadura río Cusmapa	0.35	0.35	
Azacualpa 1	<0.25	<0.25	
Azacualpa 2	0.26	0.26	
El Desagüe	0.26	0.25	

Nota: elaboración propia a partir de los resultados de investigación.



Las coordenadas de los puntos donde se detectó la presencia de microcistina-LR se presenta en la tabla 2 y la figura 1. La microcistina se encontró en 6 de los 10 puntos tomados en el lago, pero

ninguno superó el valor límite de la OMS; es decir, que no representan riesgo para la salud. Además, no se detectaron florecimientos visibles de cianobacterias durante los muestreos realizados.

Tabla 2.

Coordenadas de los puntos donde se encontró presencia de microcistina-LR

N.	Sitio	Coordenadas
1	Desembocadura rio Ostúa	14.297925, -89.540634
2	Desembocadura rio Cusmapa	14.239448, -89.515008
3	El Centro	14.257378, -89.518110
4	El Mojón	14.259166,-89.536864
5	Azacualpa 2	14.255784, -89.487646
6	El Desagüe	14.245238,-89.478415

Nota: elaboración propia a partir de los resultados de investigación.

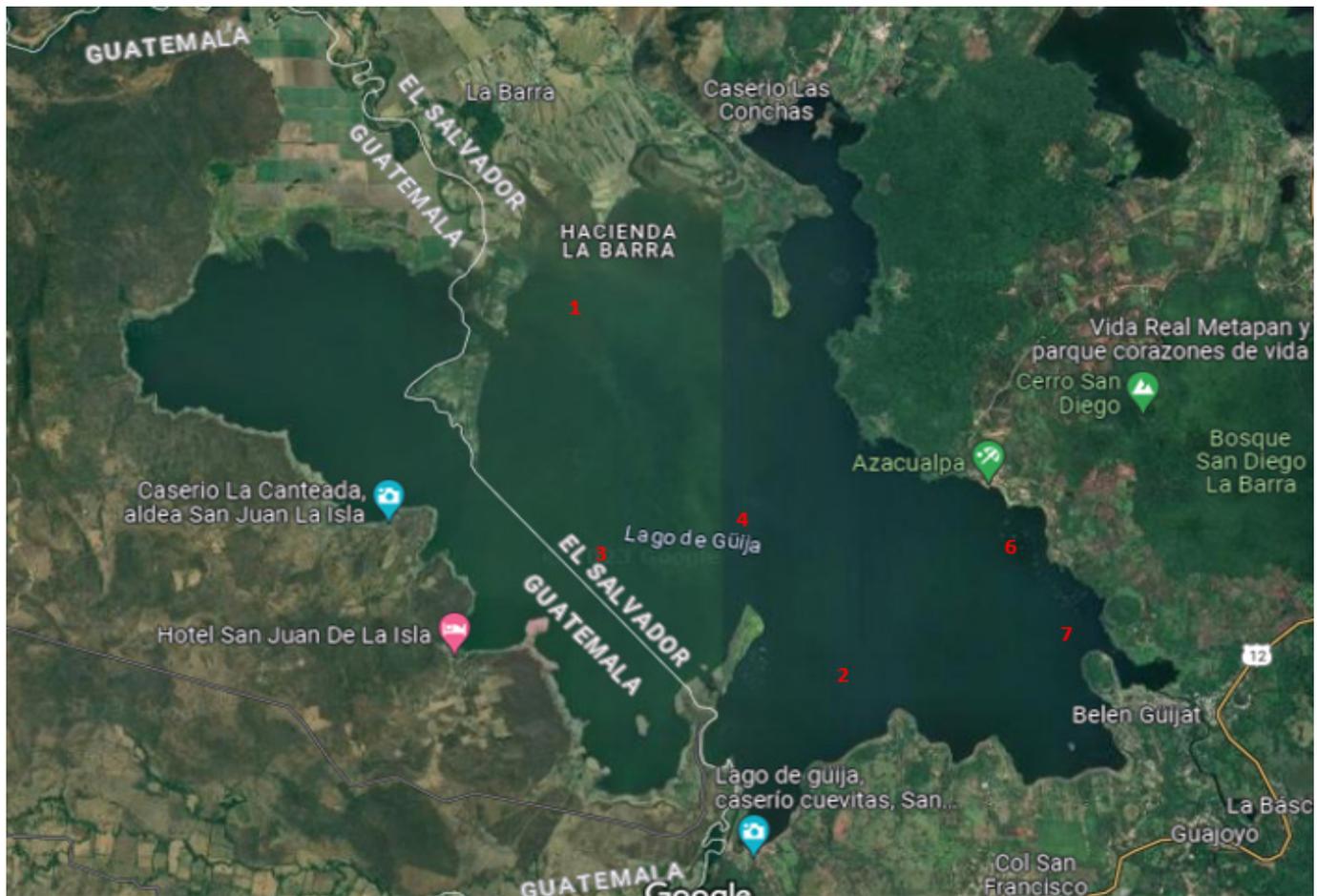


Figura 1.

Representación de los sitios donde se detectó microcistina-LR en el lago de Güija. Tomado de Google maps. <https://www.google.com/maps/place/Lago+de+Güija/@14.2666114,-89.5684499,13301m/data=!3m2!1e3!4b!4m6!3m5!1s0x8f62f88be6188671:0xc59354aba0df3b2d!8m2!3d14.2681978!4d-89.5261707!16s%2Fm%2F04f19mf?entry=ttu>



Discusión

Los resultados de este estudio revelan que la mayoría de los puntos de muestreo presentan niveles bajos o indetectables de microcistina-LR, con la excepción de algunos puntos específicos que muestran concentraciones mayores, pero por debajo del valor guía de la OMS de 1 $\mu\text{g/L}$. Estos hallazgos son similares con otros estudios realizados en otros cuerpos de agua. Según un estudio realizado por Lago, Barca, Vieira-Lanero y Cobo (2015), las concentraciones de microcistina-LR en un embalse europeo, variaron en relación a cambios en las condiciones ambientales y la composición del fitoplancton, mostrando comportamientos similares de variabilidad estacional, asimismo Idroos y Manage (2014), analizaron la ocurrencia estacional de Microcystin-LR en el agua del lago Beira, observando fluctuaciones con respecto a las condiciones climáticas y la cantidad de fosfato en el agua, estos resultados se alinean con los hallazgos de Sandoval y Cárdenas (2019), quienes también detectaron niveles fluctuantes de aniones fertilizantes en el lago de Güija, lo cual sugiere que este fenómeno puede ocurrir en este cuerpo de agua, por lo que es oportuno realizar monitoreos periódicos y una gestión adecuada del ingreso de nutrientes.

Conclusión

Este estudio detectó la presencia de microcistina-LR en el lago Güija, en concentraciones inferiores a las del valor guía de la OMS de 1 $\mu\text{g/L}$ en todos los puntos muestreados. Los valores oscilaron entre $<0.25 \mu\text{g/L}$ y $0.80 \mu\text{g/L}$, por lo que ninguno representa un peligro a la salud por exposición. Se recomienda realizar monitoreos regulares y evaluación de medidas preventivas para el ingreso de nutrientes al agua, a fin de gestionar los factores que promuevan el fenómeno de eutrofización que podrían afectar al lago. En este sentido, futuros estudios pueden abordar la identificación de fuentes específicas de fosfatos, nitratos y propuestas para implementar estrategias de control. Una limitante importante en este estudio fue la falta de análisis complementarios como la identificación de cianobacterias por microscopía, análisis de PCR y clorofila-a entre otros, para una interpretación holística de resultados, por lo que conviene incluirlos en futuros abordajes.



Referencias bibliográficas

- Barboza, G., Gorlach-Lira, K., Sassi, C., y Sassi, R. (2017). Microcystins production and antibacterial activity of cyanobacterial strains of *Synechocystis*, *Synechococcus* and *Romeria* isolated from water and coral reef organisms of Brazilian coast. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 890–899. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29437>
- García Miranda, F. G., y Miranda Rosales, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. En Pérez, E. y Mota, V. (Eds), *Impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo*. (capítulo 5, pp.353-367). Recuperado de https://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf
- Herrera, N. A., Flórez, M. T., y Echeverri, L. F. (2015). Evaluación preliminar de la reducción de microcistina-LR en muestras de florecimiento a través de sistemas sedimentarios. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(4), 405-414. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000400008&lng=es&tlng=es
- Idroos, S. F., y Manage, P. M. (2014). Seasonal occurrence of Microcystin-LR with respect to physico-chemical aspects of Beira lake water. *International Journal of Multidisciplinary Studies*, 1(2), 27-37. <https://doi.org/10.4038/ijms.v1i2.49>
- Lago, L., Barca, S., Vieira-Lanero, R., & Cobo, F. (2015). Características ambientales, composición del fitoplancton y variación temporal de microcistina-LR disuelta en el embalse de As Forcadas (Galicia, NW España). *Limnetica*, 34(1), 187-204. DOI: 10.23818/limn.34.15
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Evaluación del nivel de eutrofización del lago de Güija: año 2015. Recuperado de <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/158>
- Moss, B. (2007). Water pollution by agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 659-666. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2176>



Organización Mundial de la Salud. (2001). Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva, Switzerland: WHO.

Sandoval, M, Cárdenas, J. Universidad Autónoma de Santa Ana. (2019). Parámetros fisicoquímicos, ambientales y microbiológicos que inciden en la pesca y acuicultura en el lago de Güija, Metapán Santa Ana, 2019. Recuperado de http://editorial.unasa.edu.sv/?fbclid=IwAR2ziXbN_KZheoKO6M_ufQmr2K6axs91ugCdwCjJPCAnL8P0JZJZKsBGW0o#

World Health Organization. (1999). Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Recuperado de https://www.ebparks.org/sites/default/files/who_toxic_cyanobacteria_guide.pdf

Zaffiro, A., Rosenblum, L., Weldenken, S. C. y Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2016). Method 546: Determination of Total Microcystins and Nodularins in Drinking Water and Ambient Water by Adda Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. Recuperado de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/method-546-determination-total-microcystins-nodularins-drinking-water-ambient-water-adda-enzyme-linked-immunosorbent-assay.pdf>