

Síntesis de evidencia

Cianobacterias, efectos a la salud humana, animal y ambiental

Alejandro López¹, Iris Chávez², Julissa Escobar², Edgar Quinteros³

1. Licenciado en Salud Ambiental, Unidad de Investigación, INS
2. Doctora en Medicina, Residente en Epidemiología e Investigación, INS
3. Licenciado en Salud Ambiental, Máster en Epidemiología, Unidad de Investigación, INS

Cómo citar: López A, Chávez I, Escobar J, Quinteros E. Cianobacterias, efectos a la salud humana, animal y ambiental. Instituto Nacional de Salud, El Salvador. 2024. 6p.

Introducción

Los cuerpos de agua dulce como ríos y lagos tienen entre su biodiversidad microorganismos unicelulares como las cianobacterias. Estos microorganismos están presentes de forma natural en los ecosistemas acuáticos¹. Se han registrados eventos en los que las cianobacterias se han reproducido de forma rápida y excesiva en los cuerpos de agua². Los niveles altos de estos microorganismos pueden representar un riesgo para la salud humana, salud animal y el medio ambiente en general, debido a que algunas especies son capaces de generar toxinas³. La reproducción acelerada de las cianobacterias depende de factores como la disponibilidad de nutrientes, factores ambientales como la temperatura y cambio climático^{4,5}.

Se ha registrado floración de cianobacterias en diferentes países del mundo, por ejemplo, Colombia⁵, Uruguay, Australia, Estados Unidos y Canadá². En El Salvador, en los últimos años se ha registrado floración de cianobacterias en cuerpos de agua dulce, entre los registros se encuentran: la laguna de Metapán en el año 2014, el lago de Ilopango en el 2015, la laguna de Cuzcachapa en el 2016 y el lago de Coatepeque en el 2018⁶. Sin embargo, este último es el que más registros de floraciones ha presentado en los últimos años en diferentes estaciones del año⁷.

Metodología

Se realizó una búsqueda bibliográfica en PubMed, Web of Science, Scopus, Scielo y la Biblioteca Virtual de Salud de la Organización Panamericana de la Salud. Para esto se construyeron estrategias de búsqueda haciendo uso de los siguientes términos registrados en los Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) y en los Medical Subject Headings (MeSH): Cyanobacteria, Adverse Effects, Health Risk, Animal Health, Environmental Health, Toxicity, Bacterial Growth, Harmful Algal, Bloom, Cell Proliferation, Lakes, Groundwater, Water Consumption (Environmental Health), Laboratory Test, Clinical Laboratory Techniques, Laboratory and Fieldwork Analytical Methods.

Se incluyeron estudios observacionales, libros, tesis, disertaciones, documentos regulatorios e informes técnicos publicados entre el 2010 y 2024. Se encontraron 487 documentos, de los cuales se eliminaron 389 por duplicidad y 80 por presentar información generalizada y repetida sobre el tema. Finalmente se revisaron 18 documentos para la elaboración del presente documento y una cita primaria.

Desarrollo

Las cianobacterias son organismos pluricelulares o unicelulares, procariotas, fotosintéticos, que habitan en diferentes fases ambientales, especialmente cuerpos de agua dulce y agua salada⁸. Existen diferentes especies, muchas de ellas son capaces de generar toxinas⁸. Las principales formas de exposición humana a las toxinas producidas por estos microorganismos, son la ingesta de agua contaminada y la utilización de los cuerpos de agua con fines recreativos^{2,9}. Se han descritos diferentes condiciones ambientales que favorecen la reproducción de las cianobacterias, entre ellas se encuentran abundante luz, aumento de la temperatura, abundante nutrientes como fósforo y nitrógeno^{4,10}. Esto puede variar según la especie de cianobacteria y la interacción de otros procesos como la disposición de aguas residuales en el cuerpo de agua y algunas características físicas y químicas en el ambiente¹¹.

Efectos a la salud humana

Los efectos de las cianobacterias en la salud humana pueden ser variados y potencialmente graves. Las personas expuestas a las cianotoxinas al tocar o nadar en agua contaminada pueden presentar irritación en las siguientes partes: piel, ojos, nariz y garganta, al inhalar gotitas de aire contaminado afectar vía aérea y por consumir alimentos o agua contaminada, pueden experimentar dolor de estómago, dolor de cabeza, síntomas neurológicos como debilidad muscular y mareos, vómitos, diarrea o en casos graves, daño hepático³.

Efectos a la salud animal

Los animales, incluyendo mamíferos marinos, peces, perros, ganado y aves, pueden sufrir intoxicación al entrar en contacto con agua contaminada por cianotoxinas o al ingerir peces u otros animales que contienen estas toxinas. Esto puede resultar en síntomas como salivación excesiva, vómitos, fatiga, dificultad para respirar, convulsiones, insuficiencia hepática e incluso la muerte en un corto periodo de tiempo, que puede variar entre horas o días¹². Estos efectos a salud animal dependen del tiempo de exposición, cantidad de toxinas presentes en el agua y en la especie de los animales.

Efectos a la salud ambiental

La floración de cianobacterias puede disminuir la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, debido al aumento de la demanda de oxígeno que se genera a partir los procesos que ocurren por la proliferación excesiva de este microorganismo. Cuando esto ocurre, los peces y otros seres vivos que forman parte el ecosistema acuático pueden no tener suficiente oxígeno para sus procesos metabólicos y pueden morir¹².

Métodos para identificación de cianobacterias en el ambiente y en humanos

Detectar el aumento en las poblaciones de cianobacterias es importantes para vigilar los eventos de floración que ocurren en áreas propensas a este fenómeno. Hasta ahora, las investigaciones se han centrado en identificar las especies a través de microscopía y evaluar su toxicidad mediante bioensayos¹³. Sin embargo, estos enfoques son complejos y requieren tiempo, por lo que se ha trabajado en crear métodos automatizados para agilizar el proceso. Entre estos procesos tenemos la cuantificación de la biomasa a través de

técnicas convencionales como la medición de clorofila-a, el recuento microscópico, el peso seco, el Carbono Orgánico Particulado (COP), o la relación ATP/Carbono orgánico. Hoy en día, es factible identificar y estimar las concentraciones de otros pigmentos fotosintéticos, lo que permite estudiar la dinámica, el estado fisiológico, la estructura y el potencial de productividad de la comunidad¹³. Algunos de estos pigmentos lipofílicos específicos de cianobacterias, como Zeaxantina, Mixoxantofila, Echinenona, Oscillaxantina y B-Caroteno, actúan como indicadores exclusivos de la presencia de este grupo en el entorno. La metodología de extracción, separación e identificación mediante cromatografía líquida (HPLC por sus siglas en inglés) está ampliamente establecida y desarrollada. Además, existen metodologías alternativas no cromatográficas disponibles¹³.

En la actualidad no hay pruebas de diagnóstico clínicamente disponibles para detectar cianotoxinas en seres humanos¹⁴.

Prevención de problemas de salud

Los enfoques sobre la seguridad del agua son diferentes, dependiendo de si se trata de cianobacterias o sus toxinas presentes en aguas recreacionales o de consumo humano. Las restricciones sobre el agua de consumo se realizan teniendo en cuenta que esta será ingerida por un prolongado período de tiempo en grandes cantidades; por lo que las restricciones deben generarse a partir de la cantidad de toxinas presentes en el agua¹⁵⁻¹⁷.

Las medidas de prevención se clasifican de acuerdo con la probabilidad que tienen para causar efectos en la salud y esta probabilidad está dada por la cantidad de toxinas presentes en el agua (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Recomendaciones a tomar en cuenta con base en la presencia de cianobacterias en aguas de uso recreativo¹⁵

Nivel de riesgo	Situación	Riesgos para la salud humana	Recomendaciones
Riesgo relativamente leve y/o baja de efectos adversos sobre la salud.	20 000 cianobacterias/mL o 10 µg de clorofila- a/L con predominio de cianobacterias.	Efectos adversos sobre la salud a corto plazo: irritación de piel, enfermedades gastrointestinales.	Colocar señales de advertencia en el lugar. Informar a las autoridades pertinentes.
Riesgo moderado de efectos adversos sobre la salud.	100 000 cianobacterias /mL o 50 µg de clorofila- a/L con predominio de cianobacterias.	Efectos adversos sobre la salud a corto plazo: irritación de piel, enfermedades gastrointestinales. Algunas especies de cianobacterias tienen potencial para causar enfermedades a largo plazo.	Vigilar la formación de espuma o condiciones que la favorecen. Prohibir el baño e investigar el peligro. Colocar señales de advertencia en el lugar. Informar a las autoridades pertinentes.
Riesgo elevado de efectos adversos sobre la salud.	10 000 000 de cianobacterias /L ó 5000 µg/L de clorofila-a (posiblemente 2000 µg/l de microcistina en los	Efectos adversos sobre la salud a corto plazo: irritación de piel, enfermedades gastrointestinales.	Adoptar medidas inmediatas para controlar el contacto con la espuma; posible prohibición de

primeros 4 cm de la superficie agua)	Algunas especies de cianobacterias tienen potencial para causar enfermedades a largo plazo. Potencial para producir intoxicación aguda.	actividades que impliquen contacto con el agua. Realizar una investigación de seguimiento en salud pública Informar al público y autoridades pertinentes.
--------------------------------------	---	---

Tabla 2. Recomendaciones a tomar en cuenta con base en la presencia de cianobacterias en agua de consumo¹⁵

Nivel de riesgo	Situación	Riesgos para la salud	Recomendaciones
Bajo	500 a 2000 cianobacterias/mL. Algunas especies de cianobacterias pueden dar problemas de olor y sabor en el agua en estas concentraciones.	Si las personas u otros animales consumen el agua contaminada, se debe vigilar si presentan signos de enfermedad.	Usar otras fuentes de agua. Si es posible el agua debe tratarse para evitar un crecimiento potencialmente tóxico.
Medio	2000 a 15 000 cianobacterias/mL	Puede haber manifestaciones irritantes al entrar en contacto directo con la piel de personas sensibles.	Usar otras fuentes de agua para consumo humano y animal. Tratar el agua con carbón activado. Se recomienda no consumir mariscos y eliminar las vísceras (principalmente sistema digestivo) de peces.
Alto	Mayores a 15 000 células/mL	Puede haber intoxicaciones de humanos y animales	No beber agua sin tratamiento del área contaminada. Buscar otra fuente de agua. Evitar el contacto y uso de esta agua. No consumir pescado ni mariscos de la zona afectada.

Tratamiento del agua

Existen diversos tratamientos para la eliminación de las cianobacterias del agua de consumo, como coagulación, floculación, sedimentación, flotación por aire disuelto, ozonización, filtración, radiación ultravioleta, entre otros, sin embargo, uno de los más utilizados es el tratamiento con cloro en bajas concentraciones, usualmente menos de 1 mg/L. Sin embargo, la efectividad del cloro puede disminuir si el agua tiene un alto contenido de materia orgánica en suspensión¹⁵. El hipoclorito de sodio en conjunto con el hipoclorito de calcio eliminan más del 95 % de toxinas en 30 minutos, si se aplica una dosis de 1mg/L¹⁸.

El ultrasonido (ondas sonoras de una frecuencia superior a 20 kHz) es otro método utilizado para controlar la proliferación de cianobacterias. Este método provoca alteraciones estructurales y funcionales en la célula. La radiación ultrasónica en el agua provoca una serie de ciclos de compresión y rarefacción que conducen a la generación de burbujas de cavitación (cavitación acústica). Esto ha llevado a la aplicación de la cavitación acústica para controlar la proliferación de cianobacterias en aguas eutróficas¹⁹.

Conclusión

Los cuerpos de agua dulce albergan una gran cantidad de microorganismos cruciales para los ecosistemas acuáticos, incluyendo las cianobacterias. Sin embargo, su proliferación descontrolada representa riesgos para la salud humana, animal y el medio ambiente. Esta revisión destaca los efectos adversos de las cianobacterias y sus toxinas, así como los métodos de detección y prevención. La gestión efectiva de estos eventos requiere una comprensión integral de los factores ambientales y un enfoque preventivo en el tratamiento del agua. Se necesitan estrategias multifacéticas que incluyan la monitorización continua, medidas de tratamiento adecuadas y políticas de conservación ambiental para abordar este desafío.

Referencias bibliográficas

1. Lévesque B, Gervais M-C, Chevalier P, Gauvin D, Anassour-Laouan-Sidi E, Gingras S, Fortin N, Brisson G, Greer C, Bird D. Prospective study of acute health effects in relation to exposure to cyanobacteria. *Sci. Total Environ.* 2014;466–467:397–403. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.07.045
2. Juanena Carolina, Negrin Alba, Laborde Amalia. Cianobacterias en las playas: riesgos toxicológicos y vulnerabilidad infantil. *Rev. MEDICA Urug.* 2020;36(3). doi:10.29193/RMU.36.3.7
3. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades CDC. Enfermedad y síntomas: Cianobacterias en agua dulce. Proliferación Nocivas Algas. 2022 Feb 16. https://www.cdc.gov/habs/es/illness-symptoms_freshwater.html#:~:text=Cuando%20una%20proliferaci%C3%B3n%20de%20algas,para%20respirar%20y%20pueden%20morir.
4. Ministerio de Salud, Argentina. Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud. 2015.
5. Salomón S, Rivera-Rondón CA, Zapata ÁM. Floraciones de cianobacterias en Colombia: estado del conocimiento y necesidades de investigación ante el cambio global. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Físicas Nat.* 2020;44(171):376–391. doi:10.18257/raccefyn.1050
6. Quintanilla R, Amaya O, Guerra J. Floraciones algales nocivas en lagos y lagunas de El Salvador., Harmful algal blooms in lakes and lagoons of El Salvador. *Rev. Cuba. Investig. Pesq.* 2020;37(2):26–31.
7. Quintanilla R, Amaya O, Guerra J. Blooms of the cyanobacteria *Limnographis* cf. *birgei* in a volcanic Lake of El Salvador, Central America. Mexico: [object Object]; 2022. p. 6.

8. Bell SG, Codd GA. Cyanobacterial toxins and human health: Rev. Med. Microbiol. 1994;5(4):256–264. doi:10.1097/00013542-199410000-00005
9. Pilotto LS, Douglas RM, Burch MD, Cameron S, Beers M, Rouch GJ, Robinson P, Kirk M, Cowie CT, Hardiman S, et al. Health effects of exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. Aust. N. Z. J. Public Health. 1997;21(6):562–566. doi:10.1111/j.1467-842X.1997.tb01755.x
10. Budzyńska A, Rosińska J, Pełechata A, Toporowska M, Napiórkowska-Krzebietke A, Kozak A, Messyasz B, Pęczyła W, Kokociński M, Szelaż-Wasielewska E, et al. Environmental factors driving the occurrence of the invasive cyanobacterium *Sphaerospermopsis aphanizomenoides* (Nostocales) in temperate lakes. Sci. Total Environ. 2019;650:1338–1347. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.144
11. CDC. Enfermedad y síntomas: Cianobacterias en agua dulce. La proliferación de algas nocivas. 2022 Feb 17. [accessed April 11, 2024]. https://www.cdc.gov/habs/es/illness-symptoms_freshwater.html
12. Cantoral Uriza EA, Asencio Martínez AD, Aboal Sanjurjo M, Cantoral Uriza EA, Asencio Martínez AD, Aboal Sanjurjo M. Cianotoxinas: efectos ambientales y sanitarios. Medidas de prevención. Hidrobiológica. 2017;27(2):241–251.
13. Nienaber MA, Steinitz-Kannan M. A guide to cyanobacteria: identification and impact. Lexington, Kentucky: University Press of Kentucky; 2018.
14. CDC. Referencia para los médicos sobre las proliferaciones cianobacterianas. La proliferación de algas nocivas. 2021 Aug 30. [accessed April 11, 2024]. https://www.cdc.gov/habs/es/specific-groups/healthcare_providers.html
15. Rivera Barquero Á. Impacto de las cianotoxinas en la ecología acuática y la calidad del agua de consumo humano: estado actual de investigación en Costa Rica y México. 2008.
16. Ministerio de Salud, Argentina. Exposición a cianobacterias/cianotoxinas en agua y efectos en salud. Guía para el equipo de salud. 2016.
17. Svrcek C, Smith DW. Cyanobacteria toxins and the current state of knowledge on water treatment options: a review. J. Environ. Eng. Sci. 2004;3(3):155–185. doi:10.1139/s04-010
18. Aranda Mosquera JO. Aplicación de métodos químicos para la remoción de microcistinas en agua destinada al consumo [Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos]. Universidad Nacional de La Plata; 2017.
19. Rajasekhar P, Fan L, Nguyen T, Roddick FA. A review of the use of sonication to control cyanobacterial blooms. Water Res. 2012;46(14):4319–4329. doi:10.1016/j.watres.2012.05.054