

Implementación de un protocolo de gestión de riesgo por presencia de cianobacterias tóxicas en la laguna de San Blas, Camagüey, Cuba

Implementation of a risk management protocol due to the presence of toxic cyanobacteria in the San Blas lagoon, Camagüey, Cuba

Agustín Pulgares-Balart¹ <https://orcid.org/0000-0002-3220-2673>

Liliana María Gómez-Luna^{2*} <https://orcid.org/0000-0002-1282-3392>

¹Laboratorio de Criminalística de Camagüey, Camagüey, Cuba

²Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

*Autor para la correspondencia: lilianag@uo.edu.cu

RESUMEN

Las floraciones de cianobacterias tóxicas constituyen un problema global cada vez más frecuente, debido a la eutrofización, los efectos del cambio climático y a un mayor esfuerzo de vigilancia en los ecosistemas acuáticos. En Cuba se han muestreado varios ecosistemas en la región oriental, demostrando que este riesgo existe en aguas superficiales e interiores, debido a las condiciones climáticas, principalmente en pequeños ecosistemas con grandes presiones humanas. Sin embargo, otras zonas están aún inexploradas. El objetivo de este trabajo fue implementar un protocolo de gestión de riesgos en la Laguna San Blas, debido a la presencia de cianobacterias tóxicas en el ecosistema, a raíz de un reporte comunitario, con muerte de animales domésticos y silvestres; olor desagradable y síntomas dermatológicos en humanos. Se implementó un protocolo de gestión y acciones comunitarias para minimizar el impacto de las cianobacterias tóxicas. En este pequeño reservorio eutrófico se confirmó la presencia de una floración mixta de cianobacterias toxigénicas, siendo mayoritaria *Sphaerospermopsis torques-reginae*, identificándose otras nueve especies asociadas a la producción de microcistinas, anatoxinas y/o cilindrospermopsina riesgo, con la participación de la

comunidad y expertos, liderados por el Laboratorio de Criminalística de Camagüey.

Palabras clave: cianobacterias; cianotoxinas; gestión de riesgo; investigación participativa.

ABSTRACT

Toxic cyanobacteria blooms are an increasingly common global problem due to eutrophication, the effects of climate change and increased surveillance efforts in aquatic ecosystems. In Cuba, several ecosystems have been analyzed in the eastern region, demonstrating that this risk occurs to surface and inland waters, due to climatic conditions, mainly in small ecosystems with great human pressures. However, other areas are still unexplored. The objective of this work was to implement a risk management protocol in the San Blas Lagoon, Camaguey, due to the presence of toxic cyanobacteria in the ecosystem, following a community report, with the death of domestic and wild animals; unpleasant odors and dermatological symptoms in humans. A management protocol and community actions were implemented to minimize the impact of toxic cyanobacteria. In this small eutrophic reservoir, the presence of a mixed bloom of toxigenic cyanobacteria was confirmed, being *Sphaerospermopsis torques-reginae* the majority, as well as other nine species associated with the production of microcystins, anatoxins and/or cylindrospermopsins were identified. Strategic actions were implemented to contain the risk situation, with the participation of the community and experts, led by the Camagüey Criminalistics Laboratory.

Keywords: cyanobacteria, cyanotoxins, risk management, participatory research.

Recibido: 15/01/2024

Aceptado: 10/04/2024

Introducción

Las cianobacterias eventualmente pueden desarrollarse en grandes masas, denominadas florecimientos o «blooms», especialmente en cuerpos de agua eutróficos. ⁽¹⁾ El incremento de estas floraciones está siendo cada vez más reportado en todo el mundo debido no solo a la eutrofización, sino a los efectos del cambio climático y a un mayor el esfuerzo de monitoreo por parte de los científicos ⁽²⁾.

La presencia de cianobacterias puede asociarse o no a la presencia de cianotoxinas (citotoxinas y biotoxinas), reportándose en diferentes ecosistemas envenenamientos producidos por estas, lo que ha involucrado alrededor de 50 géneros, siendo los más comunes *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Lynbya*, *Microcystis*, *Nostoc* y *Oscillatoria*. ⁽²⁾

En Cuba, la información sobre la presencia de cianobacterias y cianotoxinas en diferentes ecosistemas ha emergido de investigaciones científicas provenientes de algunos grupos de investigación, ⁽¹⁾ destacando el del Laboratorio de Ecotoxicología y Servicios Ambientales (LESA), del Centro Nacional de Electromagnetismo, Universidad de Oriente, el que ha enfocado sus esfuerzos al estudio de las floraciones de cianobacterias en el Oriente de Cuba. ^(1, 3-6) Las especies consideradas tóxicas, identificadas en aguas interiores del oriente de Cuba han sido: *Anabaena torulosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Lyngbya* sp., *Microcystis viridis*, *M. aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. panniformis*, *M. wesenbergii*, *Oscillatoria chalybea*, *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria tenuissima*, *Oscillatoria* sp., *Planktolyngbya limnetica*, *Synechococcus* sp., *Synechocystis aquatilis* y *Synechococcus* sp. ^(1, 5)

La experiencia de trabajo en la determinación de cianobacterias tóxicas en aguas costeras e interiores incluye hasta la fecha, varios reportes de floraciones de cianobacterias tóxicas en ríos, lagunas costeras, bahías y embalses de agua; así como la determinación de niveles de microcistinas en relación con el estado trófico en embalses; siendo los daños directos sobre organismos asociados, fundamentalmente, a la muerte de peces. Si bien varios ecosistemas de la zona oriental han sido trabajados, aún quedan zonas donde el esfuerzo de muestreo aún no es el adecuado, como es el

caso de la provincia de Camagüey. Sin embargo, existe riesgo de ocurrencia de floraciones de cianobacterias en aguas superficiales interiores, debido a las condiciones climáticas existentes, y específicamente los reservorios de pequeño tamaño sometidos a una fuerte presión son vulnerables a la ocurrencia de estos eventos debido a las condiciones eutróficas.

El presente trabajo tiene como objetivos fundamentales: desarrollar un protocolo de acción inmediata para soportar la toma de decisiones y el manejo del riesgo en la Laguna San Blas, Camagüey, identificando especies involucradas y posibles toxinas asociadas, ante un reporte de intoxicación de animales domésticos, asociado al ecosistema.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

Esta investigación comienza con el reporte al gobierno de una queja en relación con la fetidez y condiciones de la laguna San Blas, además de la intoxicación de animales domésticos. Metodológicamente el estudio y manejo de la situación de riesgo se dividió en tres fases (figura 1), siendo la última la que corresponde a la implementación del protocolo de gestión del riesgo.

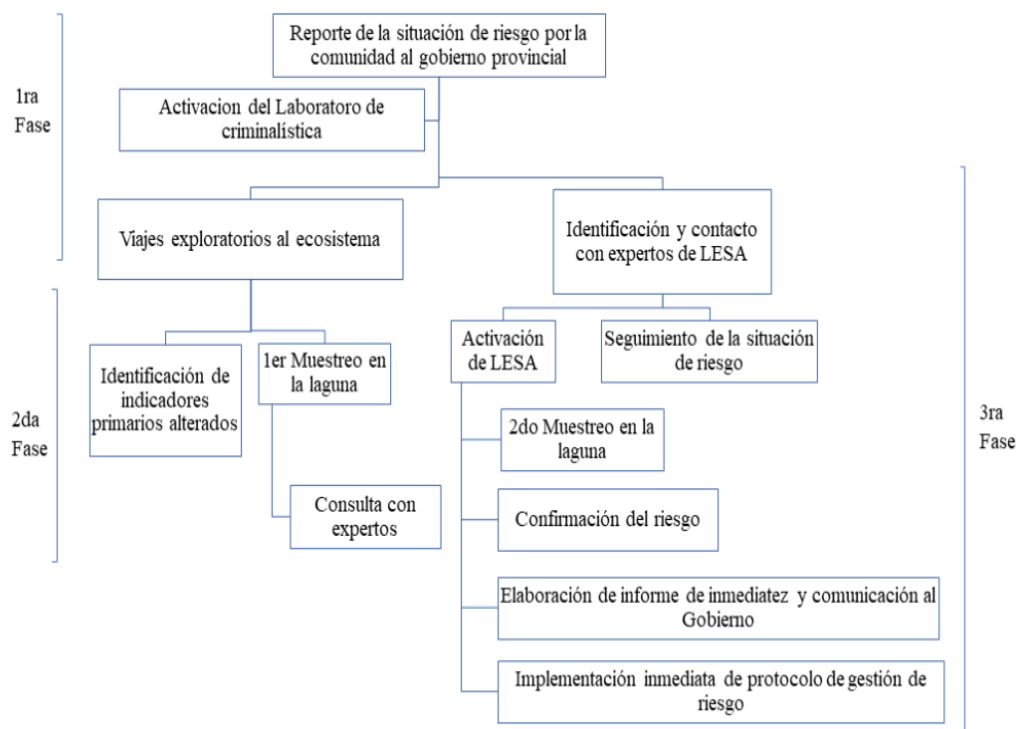


Fig. 1- Diagrama metodológico seguido para el análisis y resolución de la situación de riesgo

Descripción de la zona de estudio

La Laguna de San Blas es un reservorio de tamaño relativamente pequeño (aproximadamente 30 m de diámetro) que se ubica en una zona rural de la provincia de Camagüey, al Oeste de Camagüey, cabecera municipal Camagüey, desde el km. 21 ½ hasta el 23 ½ de la Carretera Central, cerca del vial principal, en la comunidad de San Blas (figura 2). Presenta escasa vegetación circundante y alta insolación todo el año. El ecosistema ha sido utilizado históricamente por las familias de los alrededores, los que refieren su uso para actividades de baño, el que se ha visto afectado de forma progresiva por la contaminación del acuatorio. Esta sirve de abrevadero para animales domésticos y de vida silvestre, y para el riego, siendo en los últimos años utilizada para la disposición de residuales domésticos.



Fig. 2- A. Localización de la laguna de San Blas, Camagüey. Coordenadas 21°25'12.9" N, 78°06'59.6" W. B. Puntos de muestreo

Muestreos

Se realizaron muestreos cualitativos y cuantitativos. Los sitios de muestreo fueron establecidos a conveniencia para un primer estudio de caracterización del riesgo, después del primer viaje exploratorio. Se considera el muestreo de las márgenes en zonas con descoloración evidente y muestreos en zonas más hacia el interior de la laguna. Se toman muestras en zonas donde existe formación de espuma. Las coordenadas satelitales fueron establecidas por cada sitio de muestreo.

Se tomaron muestras de agua superficial en cada uno de los puntos de muestreo establecidos, en horas de la mañana (9:00-10:00 am), tomando las medidas higiénico-sanitarias pertinentes: uso de guantes y nasobucos (figura 3). Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio en completa oscuridad, con las medidas sépticas pertinentes, procediendo de inmediato al análisis fisicoquímico de estas (pH y Oxígeno Disuelto, medido con un pHmetro Mettler Toledo; concentración de cloro por el método de Mohr por valoración con nitrato de plata; ⁽⁷⁾ y de cianopigmentos, con un fluorímetro Algatorch BBM); además de la observación de preparaciones en fresco al microscopio óptico para realizar el recuento de cianobacterias.



Fig. 3- Toma de muestra y apariencia del agua durante el muestreo

Identificación del fitoplancton

La identificación se realizó a través de fotografías. Se utilizaron varias claves dicotómicas y criterios taxonómicos, ⁽⁸⁻¹²⁾ además de consultas online con las bases Infoseek, AlgaeBase, Algaterra y con la galería de especies fitoplanctónicas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por su sigla en inglés) de Estados Unidos.

Entrevistas a pobladores

Se realizan entrevistas a 25 pobladores de San Blas enfocadas a conocer la existencia de reportes previos de ocurrencia de discoloraciones de las aguas o intoxicación de animales o humanos, y se indaga sobre las posibles manifestaciones en humanos, debido a la baja percepción de este tipo de

riesgo a nivel local, con énfasis en la familia que reporta la situación de riesgo al gobierno.

Resultados y discusión

Caracterización de la situación de riesgo

La laguna presenta indicadores primarios de alarma: natas verdosas superficiales visibles, que cubren prácticamente el 90% del reservorio. Presencia de espumas y marcada discoloración de las aguas, con un color verde intenso que se intensifica en las márgenes del ecosistema.

Existe fetidez y reporte de animales intoxicados y muertos (perros, aves de corral). Al indagar en la comunidad sobre antecedentes de eventos de riesgo, se identifican otros eventos de intoxicación previos, relacionados con muerte de palomas y de varios ejemplares de aves de vida silvestre. Al realizar viajes exploratorios alrededor de la laguna hay presencia de peces muertos, con presencia de color rojizo intenso en los restos analizados. Es notorio que en la laguna permanecen sin afectación, durante los primeros momentos de la situación de riesgo, algunos especímenes de *Claria* sp., lo que parecen ser más resistentes.

Los principales síntomas asociados a la muerte de animales fueron:

- Parálisis muscular
- Convulsiones y fallo respiratorio
- Presencia de espumas en la cavidad oral
- Midriasis
- Lesiones en la piel

Existen, además, manifestaciones dermatológicas en humanos, en un principio no asociadas al evento tóxico. La comunidad se muestra inquieta y preocupada por la situación y refiere que la fetidez aumenta en horarios vespertinos y nocturnos. Se detecta la presencia de una floración de cianobacterias, en la que se involucran las especies *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., y *Sphaerospermopsis torques-reginae*.

La descripción de las especies relevantes del bloom se presentan a continuación:

Sphaerospermopsis torques-reginae KOMÁREK: Se observan células vegetativas esféricas o en forma de barril acortadas, ligeramente más anchas que largas (4,5–7,8 μm de ancho, 4,5–6,4 μm de largo) con

abundantes aerotopos. Célula apical redondeada. Heterocistes redondeados, 8–8,5 μm de diámetro. Acinetos esféricos de 11 a 15,2 μm , solitarios, rara vez en pares, contiguos a los heterocistes. Tricomas solitarios de 5–11 x 5-9 μm , sin mucílago visible o con una capa muy fina de 1 a 2,1 μm , con enrollamientos irregulares de 55,7 a 122 μm de ancho, y segmentos con espirales de 40 a 50 μm de diámetro de hasta 6 vueltas con espacios de 0,1 a 0,5 μm . Especie dominante en la floración (55 %). Estas especies son muy polimórficas, influenciadas por las condiciones locales y las características del Bloom ^(13, 14) (figura 4).

Microcystis flos-aquae (Wittrock) Kirchner ex Forti 1898: forma colonias solitarias flotantes, irregularmente esféricas a esféricas, compactas, no lobuladas, sin agujeros; en algunas colonias se observan pequeños espacios indistintos que no afectan la estructura general densa y homogénea del aglomerado de células esféricas, no superpuestas, con $\approx 3,2$ -4,1 μm de diámetro, con aerotopos. La colonia presenta un borde liso con mucílago muy fino y difuso. Se observan, además, pequeños grupos irregulares a esféricos de células aglomeradas, sin márgenes visibles, indicando la presencia de estados tempranos o jóvenes. Se discuten las propiedades tóxicas, no contiene neurotoxinas. ^(12, 15) La especie es subdominante en la floración (25 %).

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kütz 1846: forma colonia irregular de contorno, lobuladas y con orificios marcados, con células esféricas de $\approx 4,5$ a 5,6 μm de diámetro, densa e irregularmente aglomeradas ligeramente superpuestas; destaca la presencia de aerotopos; las células son de color verde azulado, o pardusco en algunas colonias. Alrededor de la colonia se observa un mucílago incoloro con un margen estrecho. Se observan, además, pequeñas colonias irregularmente esféricas con varias densidades celulares, lo que indica la presencia de estados tempranos o jóvenes. Las colonias son de tamaño muy variable. La especie está asociada a la producción de neuro y hepatotoxinas (microcistinas). ^(12, 15) La especie es subdominante en la floración (20 %).

Otras especies de cianobacterias con menor presencia son identificadas: *Dolichospermum. autroafricano*, *D. lemmermannii*, *D. flos-aquae*,

D. crassum, *Leptolyngbya* sp., *Merismopedia marsonii*, *Microcystis viridis*. *M. protocystis*, *Oscillatoria princeps*.



Fig. 4- Imagen tomada al microscopio óptico (10X). Derecha: *Microcystis flos-aquae*, Izquierda: *S. torques-reginae*

El bloom remite a los treinta días, acompañado de cambios de coloración de las aguas del ecosistema; sin embargo, se identifican otras especies de cianobacterias potencialmente tóxicas, con el paso de los días: *Lyngbya* sp. (asociada a la producción de lyngbyatoxina, saxitoxinas y aplisatoxinas, cianotoxinas que producen afectaciones en la piel, gastrointestinales, y sobre el nervio axial), *Anabaenopsis* sp. (asociada a la producción de microcistinas), *Schizothrix* sp. (productora de aplisiatoxina, relacionada con afectaciones en la piel) (Lucena, 2008). Respecto a los parámetros físicoquímicos (tabla 1) destacan los bajos valores de oxígeno disuelto, lo que limita su uso como cuerpo de agua de uso pesquero y para baño (NC 95:99; NC 22: 99) actividades desarrolladas tradicionalmente en el ecosistema.

Tabla 1- Variación de los parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo establecidos en la Laguna San Blas

Parámetros	Día 1*			Día 15		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Oxígeno Disuelto (mgL ⁻¹)	1,20±0,00	1,60±0,10	1,00±0,22	1,60±0,00	2,85±0,00	3,6±1,10
pH	7,80±0,01	8,01±0,00	7,86±1,00	7,60±0,00	7,68±,00	7,68±0,00
Concentración de Cloro (mgL ⁻¹)	45,00±1,02	43,00±0,00	45,00±3,05	25,80±0,00	25,42±1,12	25,10±0,00
Cianopigmentos (µg ⁻¹)	182,05±0,01	180,17±2,50	188,35±1,90	181,25±6,23	178,08±11,10	154,23±0,98
Cianobacterias (cél mL ⁻¹) x 10 ⁶	52,00±2,00	65,00±11,00	7,008±0,00	50,00±0,00	52,00±5,00	70,00±8,00

*3 días después del reporte por la comunidad.

La concentración de cloro indica la entrada al sistema de agua potable clorada proveniente de residuales domésticos, aspecto corroborado durante los viajes exploratorios. Se confirma, además, la presencia de presencia de cianobacterias y cianobacterias tóxicas, lo que restringe los usos del ecosistema, considerando que según la NC 22: 99, en las aguas destinadas al baño no se permitirá la presencia de sustancias tóxicas o irritantes, cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana, si bien no hay un acápite específico para estas biotoxinas.

Días después se repitieron los análisis y hay una ligera mejoría en cuanto al OD, el pH, la concentración de Cloro disminuye lo que puede deberse a la suspensión temporal de algunos aportes domésticos; sin embargo la concentración de cianobacterias y cianopigmentos, la que alcanza altos valores no indica remisión hasta los 30 días donde hay un cambio visible de la cloración y los valores llegan a 35 cél.mL⁻¹ x10⁶ en el punto 3.

Discusión de los resultados

Se constata una situación de riesgo asociada a una floración de cianobacterias que involucra especies potencialmente tóxicas, asociadas a la producción de neurotoxinas (anatoxinas) y hepatotoxinas (microcictinas), comunes en reservorios eutróficos. ⁽¹²⁾ Esta floración ocurre en condiciones ligeramente básicas del agua (valores de pH de 7.89), con muy bajos niveles de oxígeno disuelto, lo que tiene consecuencias para el ecosistema; se

constata además la presencia de altos niveles de cianopigmentos y concentraciones elevadas de cianobacterias.

Las especies asociadas al bloom están relacionadas con la producción de microcistinas, péptidos cíclicos cuyo órgano diana es el hígado. ^(16, 17) Por otra parte, las especies de *Anabaena (Sphaerospermopsis)* identificadas están relacionadas con la producción de anatoxinas y saxitoxinas, alcaloides vinculados a la inhibición de la conducción del impulso nervioso, actuando sobre las sinapsis colinérgicas y los axones neuronales.

Todas estas manifestaciones coinciden con el cuadro descrito de las muertes de animales. Se identifican cianobacterias productoras de dermatotoxinas, si bien muchos géneros están asociados a esta manifestación, ⁽¹⁸⁾ por lo que debe hacerse un esfuerzo mayor de muestreo y seguimiento del ecosistema, garantizando las restricciones de uso impuestas, y el seguimiento de indicadores de emergencia. En este sentido, la educación sanitaria y la comunicación del riesgo constituyen una estrategia efectiva y necesaria.

Es indiscutible la necesaria vigilancia para el control y prevención de mortalidades de animales y daños a la salud humana ante floraciones de cianobacterias tóxicas. Es necesario establecer iniciativas funcionales y redes de trabajo para lograr un manejo adecuado de este riesgo emergente. Los especialistas deben complementar el trabajo de atención primaria del personal de la salud, y fortalecer la red de actores involucrados en la gestión del riesgo por presencia de cianobacterias tóxicas. ⁽³⁾

Ante la situación de riesgo se recomendó la implementación inmediata de protocolo de gestión de riesgo, recomendándose las siguientes acciones:

- Crear de manera inmediata una comisión de gestión de riesgo (CGR) interdisciplinaria e intersectorial. Esta es una actividad prioritaria que puede ser sustituida dependiendo del contexto y la situación de riesgo por cualquier estructura funcional similar. La CGR debe integrar armónicamente a los actores clave, contribuyendo con la capacitación de la red de actores, la conciliación con los especialistas involucrados a corto y largo plazo, para garantizar la sostenibilidad de las iniciativas propuestas. La CGR debe involucrar a todos los actores debe realizar las conciliaciones y alianzas estratégicas necesarias; además de contribuir a la sensibilización tanto de

actores clave y tomadores de decisión, así como a una revisión del marco legal que aplica en cada caso e implementación de la legislación ambiental vigente. En este contexto, es importante señalar la importancia del principio precautorio y su aplicación en casos de riesgo inminente.

- Demarcar la zona como "zona de riesgo" como corresponde en los protocolos internacionales para restringir acceso a la zona contaminada, lo que incluye restricciones de uso. Esto incluye el uso de señalética advirtiendo sobre el peligro por exposición a aguas contaminadas. Entre las restricciones de uso debe incluirse prohibir el consumo de cualquier recurso que provenga del ecosistema.

- Implementar y controlar las restricciones de uso a través de acciones conjuntas con el gobierno y las autoridades competentes.

- Realizar muestreos sistemáticos en alianza con expertos hasta que desaparezca o se minimice la situación de riesgo.

- Notificar a Salud Pública, al gobierno y a los actores clave sobre el riesgo potencial a la salud (PNR-Policía Nacional Revolucionaria, Comunidad, Médico de la Familia, Gobierno, CITMA-Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente, MININT-Ministerio del Interior, Comunales y otros) debido a la contaminación con cianobacterias potencialmente tóxicas. (Este debe ser un proceso totalmente inclusivo).

- Implementar acciones de comunicación pública. Se recomienda diseñar una estrategia de comunicación y sensibilización para evitar exposición a las cianotoxinas utilizando las vías necesarias (formales e informales).

- Socializar materiales científicos de interés entre la red de actores para comenzar una capacitación en relación con este riesgo emergente, en este caso compartido por los expertos.

- Documentar la situación de riesgo, especificando fechas, condiciones ambientales, aspectos de interés al detalle, recogiendo todas las evidencias posibles y compilar toda la información en un informe que pueda servir de referencia.

- En caso de muerte de animales, peces incluidos, estos deben enterrarse, añadiendo cal si es posible antes de sellar el sitio de enterramiento. En este caso tener en cuenta que es frecuente que personas

inescrupulosas comercialicen peces contaminados e incluso muertos producto de esta situación de riesgo. En este caso se extremaron las medidas de seguridad, concientizando a los pobladores sobre la situación de riesgo.

- Revisar posible conexión con pozos o reservorios de suministro de agua potable los que pueden tener contaminación secundaria.
- Implementar supervisión visual del ecosistema diariamente durante al menos 30 días, cumpliendo con estrictas medidas de precaución (guantes si va a manipular aguas o recursos contaminados, nasobucos, gafas si se va a exponer a salpicaduras, botas impermeables). Esta vigilancia debe ser sistemática y a los 3 y 6 meses del reporte inicial de la situación de riesgo se debe realizar un análisis del agua.
- Analizar y aplicar alternativas para la recuperación del ecosistema a mediano plazo.

Resultaron importantes factores de éxito: la alianza entre el Laboratorio de Criminalística de Camagüey y LESA, el liderazgo del gobierno, la percepción ciudadana sobre el riesgo y la comunicación oportuna, el hecho de considerar el asunto de manejo como un tema de seguridad del estado, al poder estar involucrada la vida de seres humanos; la visión oportuna, estratégica e inmediata del Laboratorio de Criminalística; el espíritu colaborativo de la comisión creada para el manejo de la situación de riesgo, y la rapidez en que se desarrollaron las acciones recomendadas para la toma de decisiones, soportando estas sobre bases científicas.

Conclusiones

Se detectó una situación de riesgo en la laguna de San Blas, Camagüey, confirmándose la presencia de un bloom mixto que involucra especies toxigénicas, siendo mayoritaria la cianobacteria *Sphaerospermopsis torques-reginae*, el que transcurre con el acompañamiento de al menos otras nueve especies de cianobacterias con potencial tóxico, y remite a los treinta días. Este se acompaña de una mala calidad del agua, la que deja de ser apta para el baño y para el uso pesquero.

Se implementan acciones tempranas para el manejo de la situación de riesgo a partir de un diseño metodológico que involucra la participación de expertos, así como la participación ciudadana, liderado por el Laboratorio de Criminalística de Camagüey, que facilitan la toma de decisiones gubernamentales acertadas.

La alianza entre el Laboratorio de Criminalística de Camagüey y LESA, el liderazgo del gobierno, la percepción ciudadana sobre el riesgo y la comunicación oportuna, además del hecho de considerar el asunto de manejo como un tema de seguridad del estado, al poder estar involucrada la vida de seres humanos, resultaron factores clave de éxito.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada gracias a la colaboración de la comunidad de San Blas, con el apoyo del gobierno de Camagüey y del proyecto PS223MY003-097 “Implementación de un sistema piloto de diagnóstico y vigilancia para la alerta y respuesta temprana ante riesgos emergentes por contaminación con cianobacterias en sistemas agropecuarios” del Programa Sectorial de Ciencia y Técnica: Salud Animal y Vegetal financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente (CITMA), de la República de Cuba.

Referencias bibliográficas

1. GOMEZ, L., B. ÁLAMO AND J. C. RODRÍGUEZ TITO Riesgo de contaminación con cianobacterias en tres embalses de agua de Santiago de Cuba. *Medisan*, 2010, **14**(2). Online ISSN 1029-3019, <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1029-30192010000200007&script=sci_arttext&tlng=en>
2. CARMICHAEL, W. W. Health effects of toxin-producing cyanobacteria: "The CyanoHABs". *Human and Ecological Risk Assessment*, Oct 2001, **7**(5), 1393-1407. Online ISSN 1123-3117.
3. GOMEZ, L. M., H. ÁLVAREZ, I., T. J. C. RODRÍGUEZ AND D. B. ÁLAMO. Cianobacterias: un riesgo emergente en embalses de agua de Santiago de Cuba [online]. [Santiago de Cuba]: Universidad de Oriente, 2011. Web:<http://www.cnea.uo.edu.cu/index.php?option=com_remository&Itemid=130&func=select&id=3>.
4. GOMEZ, L., I. ÁLVAREZ AND J. C. RODRÍGUEZ. CUBA: Toxic cyanobacteria risk assessment, research and management In I. CHORUS ed. *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries* Germany: Federal Environment Agency (Umweltbundesamt) 2012, p. 40-48. ISSN 1862-4804
5. RODRÍGUEZ-TITO, J. C. AND L. M. GÓMEZ-LUNA Estado trófico de 24 embalses de agua en el oriente de Cuba. *Rev. Cubana Quím.*, 2020, **32**(1), 136-153. Online ISSN 2224-5421.
6. RODRÍGUEZ-TITO, J. C., R. M. PÉREZ-SILVA, L. M. GÓMEZ-LUNA AND I. ÁLVAREZ- HUBERT Evaluación químico analítica y microbiológica de los embalses Chalons y Parada de Santiago de Cuba *Rev. Cubana Quím.*, 2017, **29**(3), 418-435. Online ISSN 2224-5421. <<http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n3/ind07317.pdf>>
7. CURY, G. Revisión experimental del intervalo de pH para la determinación de cloruros por el método de Mohr. *Revista Boliviana de Química*, 2006, **23**(1), 24-26. Online ISSN 0250-5460
8. ANNADOTTER, H. *Mass developing cyanobacteria in temperate and tropical freshwater bodies. Ecology, toxins and effects on human health*, 2006. Tesis Doctoral. Institute of Biology, Faculty of Science, University of Copenhagen.

9. WEHR, J. AND R. SHEATH. *Freshwater Algae of North America* [online]. [San Diego, California]: Academic Press, 2003. eBook ISBN: 9780123858771.
10. KOMÁREK, J., J. KOMARKOVA-LEGNEROVA, C. L. SANT'ANNA, M. T. D. AZEVEDO, et al. Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. panniformis* sp. nov. *Cryptogamie Algologie*, Apr-Jun 2002, **23**(2), 159-177. ISSN 1776-0984
11. COMAS, A. *Catálogo de las algas y cianoprocariontes dulciacuícolas de Cuba*. Edtion ed. Cienfuegos: Universo Sur, C. Ciencia, 2009. 147 p. ISBN 978-959-257-228-7.
12. CRONBERG, G. AND H. ANNADOTTER. *Manual on aquatic cyanobacteria. A Photo guide and a synopsis of their toxicology*. In. Copenhagen, Denmark: IOC-UNESCO. ISSHA, 2006, p. 106. ISBN: 9788799082704.
13. KOMAREK, J. Studies on the cyanophytes (Cyanobacteria, cyanoprokaryota) of Cuba 11. Freshwater *Anabaena* species. *Preslia*, 2005, **77**(2), 211-234. ISBN/ISSN. 0032-7786
14. KOMAREK, J. AND E. ZAPOMELOVA Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* - 1. part: coiled types. *Fottea*, Jul 2007, **7**(1), 1-31. Online ISSN:1805-4927. <doi: 10.5507/fot.2007.001>
15. KOMÁREK, J., J. KOMÁROKOVÁ AND 2004 Review of the European *Microcystis*-morphospecies (Cyanoprokaryotes) from nature. *Fottea*, 2002, **2**, 1-24 Online ISSN:1805-4927.
16. ANDRINOLO, D., P. PEREIRA, L. GIANNUZZI, C. AURA, et al. Occurrence of *Microcystis aeruginosa* and microcystins in Rio de la Plata river (Argentina). *Acta Toxicológica Argentina*, 2007, **15**(1), 8-14. Online ISSN 1851-3743 <<http://www.scielo.org.ar/pdf/ata/v15n1/v15n1a02.pdf>>
17. ANDRINOLO, D., D. SEDAN, L. TELESE, C. AURA, et al. Hepatic recovery after damage produced by sub-chronic intoxication with the cyanotoxin microcystin LR. *Toxicon*, Mar 1 2008, **51**(3), 457-467. Online ISSN: 1879-3150
18. LUCENA, E. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 2008, **8**, 291-302. ISSN 1579-1734.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses

Contribución de los autores

Liliana María Gomez Luna: participó en la concepción general de la investigación, en la definición de los métodos y técnicas para implementar el protocolo de gestión. Participó en la obtención y procesamiento bibliométrico, y en el análisis y discusión de los resultados. Participó en la parte experimental de la investigación. Realizó la identificación taxonómica de las cianobacterias. Diseñó instrumento para aplicación de encuestas. Concibió, estructuró y escribió el artículo científico.

Agustín Pulgares-Balart: seleccionó el sitio donde se desarrolló la investigación. Realizó los muestreos, y las coordinaciones con instituciones y el gobierno depara el desarrollo de la investigación y la implementación del protocolo de gestión. Desarrolló la parte experimental, realizó observaciones microscópicas y fotografías. Realizó las encuestas. Contribuyó en la escritura del artículo científico.