

Programa de extensión para enfrentar el impacto de las cianobacterias tóxicas en agroecosistemas ganaderos

Extension program to face the toxic cyanobacteria risk occurrence in livestock agroecosystems

*Liliana María Gómez Luna**

Universidad de Oriente, Cuba

lilimagl@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1282-3392>

Recepción: 1 de diciembre de 2023

Aprobación: 2 de septiembre de 2024



María Caridad González Borlet

Universidad de Las Tunas, Cuba

gonzalezborlet@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1686-321X>

Eduardo Abreu Peña

Finca El Placer, CCS Pedro Lantigua, Cuba

captunas@gmail.com

 <http://orcid.org/0009-0000-4264-227X>

Feliciano Zaldívar Meneces

Universidad de Las Tunas, Cuba

felicianozm@gmail.com

 <http://orcid.org/0009-0000-6572-7698>

RESUMEN

Se desarrolla un programa de extensión para agroecosistemas ganaderos en riesgo por presencia de cianobacterias tóxicas que sistematiza el esquema de obtención de respuestas sociales a través del contacto presencial y la investigación participativa. La validación se documenta en el municipio Jesús Menéndez, provincia Las Tunas, Cuba. En su concepción, se consideró el enfoque “Una salud” y paralelamente se impulsan acciones de capacitación e investigación participativa en función de mitigar los impactos de las cianobacterias tóxicas, en específico en ovinos y caprinos. El programa incidió en la mejora de la percepción de este riesgo emergente y contribuyó con el desarrollo de los recursos humanos en función de la autogestión y la resiliencia demostrando la importancia de la gestión de la inocuidad del agua en agroecosistemas.

PALABRAS CLAVE: agroecosistemas, calidad de agua, cianotoxinas, gestión del riesgo, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

An extension program for livestock agroecosystems at risk due to the presence of toxic cyanobacteria is developed, which systematizes the scheme for obtaining social responses through face-to-face contact and participatory research, documenting its validation in the municipality of Jesús Menéndez, Las Tunas province, Cuba. In its conception, the “One Health” approach was considered, developing parallel training and participatory research actions in order to mitigate the impacts of toxic cyanobacteria, specifically in sheep and goats. The program improved risk perception and contributed to the development of human resources for self-management and resilience, demonstrating the importance of water safety management in agroecosystems.

KEYWORDS: agroecosystem, cyanotoxins, food security, risk management, water quality.

*AUTORA PARA CORRESPONDENCIA

lilimagl@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Alrededor de cincuenta especies de cianobacterias, incluidas las formadoras de floraciones o proliferaciones masivas, producen cianotoxinas con efectos perjudiciales para los ecosistemas acuáticos que alteran la estructura trófica y la funcionalidad de la columna de agua con la consiguiente desoxigenación, mortalidad de peces y otros organismos y, en general, la disminución de la calidad del agua (Rodríguez-Tito *et al.*, 2022). Las cianotoxinas pueden clasificarse según sus propiedades toxicológicas como neurotoxinas (anatoxinas, saxitoxinas, microcistinas), promotoras de tumores (microcistinas), dermatoxinas o toxinas irritantes (lyngbyatoxina A, aplisiatoxinas, lipopolisacáridos) y hepatotoxinas (microcistinas, nodularinas, cilindrospermopsinas). Además, según su estructura química, se clasifican en tres grupos principales: péptidos cíclicos (microcistinas y nodularinas), alcaloides (neurotoxinas y cilindrospermopsina) y lipopolisacáridos (Corbel *et al.*, 2014; Li y Han, 2012).

Las hepatotoxinas son producidas por varias especies de cianobacterias de agua dulce y salobre de diferentes géneros: *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Nostoc* y *Nodularia* (Bradley *et al.*, 2013). En particular, las microcistinas (MC) hepatotóxicas han sido investigadas en detalle debido a su incidencia y abundancia (Corbel *et al.*, 2014; Quiblier *et al.*, 2013). En muchos países se han establecido límites para su presencia en el agua potable en función de proteger la salud humana y mitigar los impactos negativos que producen (Chorus, 2012), mientras que otros contextos han sido menos favorecidos.

En Cuba se han reportado en ecosistemas acuáticos de la región oriental y su presencia se asocia a la eutrofización de fuentes de abasto de agua debido al enriquecimiento con fósforo y nitrógeno, temperaturas cálidas y condiciones de aguas tranquilas y estables (Aguilera *et al.*, 2023; Gomez *et al.*, 2010; Rodríguez-Tito y Gómez-Luna, 2020; Rodríguez-Tito *et al.*, 2022). Sin embargo, si bien existen algunas iniciativas locales y esfuerzos de monitoreo para proteger la salud pública, no existen regulaciones formales dentro del marco legal (Aguilera *et al.*, 2023; Rodríguez-Tito y Gómez-Luna, 2020; Rodríguez-Tito *et al.*, 2022), y las iniciativas para protección animal en agroecosistemas surgen a partir de la propuesta del proyecto “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” que coordina el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, perteneciente al Programa sectorial “Salud animal y vegetal”, marco de este artículo.

Aunado a lo anterior, se han generado cambios notables en el sector agrícola con el propósito de lograr una producción de alimentos que contribuya a la sostenibilidad alimentaria; los productores juegan un papel esencial por sus conocimientos implícitos y la experiencia práctica, además de ser los encargados directos de la producción (Cruz Cabrera *et al.*, 2018), por lo que resulta indispensable mejorar su percepción sobre riesgos emergentes que comprometan la salud animal, ambiental y humana, con implicaciones en la inocuidad de los alimentos y, en general, una producción segura.

El agua es un recurso clave para el desarrollo agrícola; entre los usos de las fuentes de abasto superficiales, destacan el riego y la cría de ganado (Rodríguez-Tito y Gómez-Luna, 2020; Rodríguez-Tito *et al.*, 2022), por lo que las medidas para mitigar sus impactos que comprometen su calidad deben ser conocidos por los usuarios, aspecto que cobra relevancia con la aprobación de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional 148/2022 en Cuba (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022), la cual marca pautas esenciales en las estrategias para el desarrollo agrícola.

El modelo de desarrollo económico, político y social cubano está determinado por las vulnerabilidades que impone la insularidad y los frecuentes efectos negativos del cambio climático; la implementación de la nueva Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria lleva una contribución sólida desde la ciencia, que debe atender aspectos singulares del contexto para fomentar escenarios de resiliencia. De acuerdo con este contexto, el objetivo del artículo es el diseño un programa de extensión agraria ante el peligro de contaminación con cianobacterias tóxicas para agroecosistemas ganaderos y documentar su validación en agroecosistemas dedicados a la cría de ovinos (*Ovis aries*) y caprinos (*Capra aegagrus hircus*), rumiantes considerados entre las especies de mayor connotación para Cuba.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo, se sigue el diagrama metodológico que se presenta en la figura 1. Para la selección de la finca donde se valida el programa, se consideraron los siguientes criterios: *a)* vinculada a la producción de alimento animal, con énfasis en el ganado ovino-caprino, *b)* desarrollo de actividades agrícolas variadas y agroecosistema con más de 1 ha y *c)* contar con la anuencia y participación del productor.

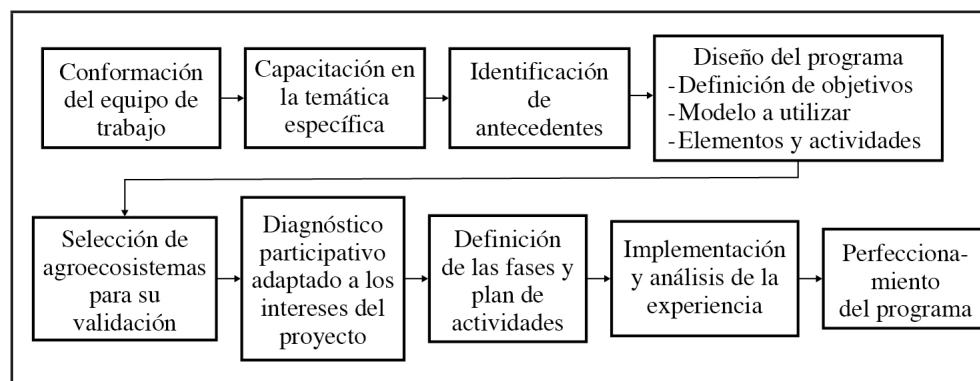


FIGURA 1

Diagrama metodológico para la elaboración y validación de un programa de actividades de extensión agraria para la gestión del riesgo por contaminación con cianotoxinas en fincas de producción ovino-caprina

Fuente: elaboración propia.

Como métodos teóricos se recurrió al enfoque de sistema y la modelación y, como procedimiento, al análisis y síntesis. Los métodos empíricos utilizados fueron la observación y, como técnicas, la entrevista, la encuesta y el análisis documental. Estos contribuyeron al desarrollo de las fases y del plan de actividades del programa de extensión agraria.

1. 1. Diagnóstico del agroecosistema

Para el diagnóstico participativo del agroecosistema, se empleó una metodología que consta de cinco pasos fundamentales: viajes de reconocimiento para aplicación del diagnóstico y confirmación del cumplimiento de criterios de selección, evaluación y recuento de abrevaderos o reservorios de agua, selección de sitios para el muestreo de la calidad del agua, muestreo participativo y evaluación de recursos vulnerables. Los análisis de agua incluyeron la evaluación de diferentes parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, turbidez), así como la identificación y recuento de cianobacterias potencialmente tóxicas. Asimismo, se consideraron análisis preliminares de muestras biológicas con las medidas de seguridad pertinentes.

Con el diagnóstico participativo se obtiene información valiosa, exacta y rápida y, además, se generan conocimientos debido a la interacción de los involucrados. Lo anterior se convierte en un escenario de aprendizaje a la vez que se sensibiliza tanto a productores como a los trabajadores de la finca sobre el problema. Para los diagnósticos y el muestreo se involucraron estudiantes de la carrera de Agronomía de la Universidad de Las Tunas y de Biología de la Universidad de Oriente, quienes participaron de forma activa en la toma de muestras de agua, la captura de evidencias, la revisión y actualización bibliográfica y la revisión de documentación de los animales para constatar su estado de salud durante el proceso investigativo, lo que constituyó una ventaja adicional.

Se utilizaron distintas aproximaciones para la recolección. Entre ellas, se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre las publicaciones realizadas en América Latina y el Caribe sobre el tema. Se solicitó información en diferentes instituciones nacionales y locales involucradas en el problema por tratar. Durante el diagnóstico se aplicaron entrevistas personalizadas tanto al productor como a los trabajadores para obtener los datos necesarios.

A partir de la información recabada se elaboró una matriz con las siguientes variables: ubicación geográfica del agroecosistema, hectáreas, actividad productiva, tipo de ganado, tipo de alimentación y fuente de agua de los animales, antecedentes de floraciones de cianobacterias, número y tipo de ganado afectado o muerto, tiempo de evolución (tiempo de resolución de la situación del animal, en términos de muerte o recuperación) y sintomatología clínica.

1. 2. Análisis de las muestras de agua

Se tomaron muestras de agua para la identificación taxonómica (100 mL) y el recuento de células de cianobacterias con el microscopio óptico (Motic, Alemania) (50 mL, muestra fijada en el momento con solución de Lugol). También, se tomaron muestras adicionales para medir la concentración de cianopigmentos (1 L) con un fluorímetro Algatorch BBM (Holanda). Las muestras se conservaron refrigeradas (4 °C) y en oscuridad hasta su llegada al Laboratorio de Servicios Ambientales y Ecotoxicología (LESA) del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente en Santiago de Cuba. De forma complementaria, se tomaron evidencias a través de fotografías de los sitios de muestreo. A partir de las muestras, se realizó la identificación de cianobacterias hasta especie, siempre que fue posible usando claves dicotómicas reconocidas (Komárek, 1984; Komárek, 2005; Komárek, 2013; Komárek y Anagnostidis, 1998; Wher y Sheath, 2003) y consultas a sitios web como Infoseek y Algaebase. A partir de este análisis se comprueba la existencia de contaminación con cianobacterias tóxicas y de recursos vulnerables.

1. 3. Análisis de las muestras biológicas

Para confirmar de forma preliminar la relación causa-efecto, se analiza, primeramente, la presencia de cianobacterias en los reservorios de agua donde los animales abrevan; posteriormente, se analizan los signos clínicos de los animales enfermos y se recogen muestras de hisopado bucal y de secreciones buconasales de estos animales. Aparte, se toman muestras en 50 animales sanos. Las muestras se conservan en formalina al 1% hasta su observación en el microscopio y su identificación posterior de las especies de cianobacterias.

Teniendo como principales fases para el desarrollo del estudio la definición del problema, el diagnóstico, la elaboración y validación de la propuesta, se procede al análisis de las lecciones aprendidas y al perfeccionamiento del programa, de acuerdo con los criterios de todos los involucrados en el taller metodológico organizado para este propósito.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2. 1. Descripción del programa

Se desarrolla un programa participativo individual y grupal con elementos de contacto presencial y divulgativos, cuyo objetivo general es aplicar conocimientos teóricos y prácticos para mitigar impactos de las cianobacterias tóxicas en la salud animal, en especial en ovinos y caprinos, con incidencia en la mejora de la percepción de este riesgo en agroecosistemas vulnerables, que contribuye al desarrollo de los recursos humanos en función de la autogestión y la resiliencia. Asimismo, se definen como objetivos específicos:

- a) Mejorar el nivel de percepción existente sobre este riesgo emergente con énfasis en el sector agropecuario
- b) Mitigar impactos negativos de eventos de riesgo asociados a la presencia de cianobacterias tóxicas en ecosistemas agropecuarios
- c) Capacitar sobre aspectos relacionados con la presencia y proliferación de cianobacterias tóxicas y sus principales impactos
- d) Socializar resultados de investigación obtenidos tanto en fuentes primarias como agroecosistemas en el oriente de Cuba

El programa se estructura en tres fases: capacitación, socialización de resultados, difusión, asistencia técnica, intercambio de experiencias, para lo cual se definen varias actividades principales (tabla 1). Las actividades planificadas se resumen en la tabla 2.

Fase I. Contenidos esenciales para la capacitación: en esta fase se definen los contenidos esenciales para la capacitación, mediante talleres, días de campo y grupos de WhatsApp. Estos serán tratados con en mayor o menor profundidad en dependencia del escenario, intereses y demanda de conocimientos de los beneficiarios. Se definen por su importancia los siguiente contenidos: cianobacterias, principales características, beneficios y perjuicios, condiciones óptimas para su crecimiento, principales causas de las floraciones de cianobacterias, indicadores de la presencia de cianobacterias en fuentes y reservorios de gua, cianobacterias tóxicas y cianotoxinas, ecosistemas en riesgo, impactos de las cianotoxinas en la salud, vías de exposición, síntomas y consecuencias, sistema de clasificación de ecosistemas por niveles de riesgo y metodología de implementación, métodos de detección de cianotoxinas, límites permisibles, sistemas de vigilancia y de alerta temprana, el seguimiento de ecosistemas contaminados con cianobacterias, principios de la gestión de riesgo por presencia de cianotoxinas, acciones preventivas y de contención.

Fase II. Intervención y acciones principales: en esta fase es de gran interés la generalización de herramientas de gestión, compartir experiencia en contexto, así como dejar implementado el sistema de vigilancia con la participación de voluntarios. Para lograr una mejor participación se tomarán muestras con la asesoría de miembros del equipo de investigación. Después, se socializarán resultados del análisis y se pondrán en marcha acciones preventivas y de contención.

Respecto a las medidas correctivas para mitigar el impacto de la contaminación con cianobacterias, se hará énfasis en las recomendaciones para la limpieza de abrevaderos, sistemas de riego y pequeños reservorios. Dependiendo de las características de la fuente de abasto de agua, la limpieza se hará con mayor o menor frecuencia. Lo ideal es una limpieza semanal (si las condiciones lo permiten, extender este plazo a 15 días; no se recomienda un plazo mayor), en la cual se cepillen los recipientes y se limpien las esquinas y bordes para eliminar cualquier sedimento, restos de alimentos o películas que se formen producto del crecimiento bacteriano sobre las que crecen cianobacterias.

La limpieza debe llevarse a cabo con materiales o sustancias inocuas: hipoclorito de sodio 1%, cloro 1-3%, agua de cal, agua de cenizas o vapor de agua. Si los recipientes han sido colonizados previamente con cianobacterias, deben sanearse para volverlos a usar añadiendo cal viva, cenizas, e incluyendo un limpiado en seco durante 24 a 48 h, y posteriormente añadirá cloro al 5% antes del último enjuague. Una medida preventiva inmediata es impedir el acceso del ganado a estas fuentes contaminadas con base en la planificación de las limpiezas para mantener una red de bebederos limpios, de fácil limpieza y desinfección, abastecidos con aguas claras, de calidad contrastada, libres de vegetación o restos de alimentos. En caso de constatarse el riesgo de presencia de cianobacterias en la fuente de abasto primaria, es posible añadir de forma preventiva, sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$); sin embargo, esta técnica puede no ser segura si hay presencia de abundante biomasa con endotoxinas que al liberarse agraven la situación (Lucena, 2008).

Debe mantenerse la vigilancia visual de los abrevaderos, sistemas de riego, reservorios del agroecosistema, así como de los animales, aspecto que debe resaltarse, y evitar la presencia de masas azul-verdosas, biopelículas o espumas. Es importante también adecuar el número, ubicación y capacidad de los puntos de agua al tamaño de la explotación para prevenir concentraciones y hacinamientos que ponen en riesgo los niveles de higiene, al contaminarse más el agua y el suelo, así como situaciones de estrés que perjudican el bienestar, y ubicar cada uno de ellos en las distintas parcelas de pastoreo, en zonas no transitadas de manera habitual, bajo lugares abrigados y protegidos (aprovechando el arbolado o, en su defecto, instalando chamizos o cabañas donde el animal abreve de forma cómoda) que atenúen las condiciones climatológicas desfavorables.

Otro aspecto clave es socializar los indicadores de alarma, asociados sobre todo a síntomas de intoxicación en animales (Cantoral Uriza *et al.*, 2017; Chorus y Rosel, 2000; Malcuori Bico, 2011; Méndez, 2006): pérdida de energía, pérdida del apetito, vómitos, tropiezos o caídas, babeo excesivo, temblores y convulsiones, diarreas, apatía, secreción ocular, lesiones en la piel o cualquier enfermedad sin causa aparente que se presenten después del contacto con el agua contaminada debe ser motivo de preocupación. Se consideran como principales acciones preventivas:

- a) Determinar la frecuencia para la inspección
- b) Implementar sistema de alerta temprana
- c) Mantener la comunicación con expertos y contactar en caso de indicadores alterados
- d) Evitar concentraciones de algas visibles o espumas de algas en aguas de baño y abrevaderos, sistemas de riesgo, reservorios
- e) Mantener el ganado lejos del agua si existen indicadores alterados (espumas, masas verdes, cambios en el color del agua, animales muertos) que indiquen proliferación de cianobacterias o presencia de especies tóxicas.
- f) Notificar a las autoridades en caso de indicadores alterados o muerte de animales
- g) Evitar que los animales se expongan a aguas contaminadas
- h) Evitar consumo de animales muertos, como pescados, que hayan encontrado durante una proliferación de cianobacterias
- i) Evitar la exposición de personal de la finca a aguas contaminadas
- j) Usar guantes y nasobucos para limpieza de abrevaderos
- k) Contactar con un médico veterinario en caso de identificar cualquiera de los síntomas mencionados.

Es bien conocido que los sistemas de potabilización de agua no eliminan el riesgo de contaminación con cianobacterias (Pérez *et al.*, 2008), por lo que si bien este riesgo aumenta en aquellos ecosistemas que se abastecen de forma directa de las fuentes de agua, los que utilizan el suministro de agua potable no están exentos de este tipo de contaminación. Para su eliminación se deben combinar la coagulación-filtración, oxidación con cloro, ozonización, adsorción con carbón activado y ósmosis inversa (Pérez *et al.*, 2008; Roset *et al.*, 2001), donde resultan interesantes los resultados de una oxidación más efectiva que utiliza la ozonización con luz ultravioleta (Gilroy *et al.*, 2000) y otras alternativas entre las que se puede mencionar el carbón activado obtenido de diferentes fuentes (Quevedo y Figueredo, 2020) y el ultrasonido (Loaiza-González *et al.*, 2023).

Sin embargo, es necesario una vigilancia continua, ya que estas técnicas muchas veces no se aplican en la potabilizadoras, y en última instancia resulta poco probable que estén implementadas en agroecosistemas.

Fase III. Intercambio de experiencias: en esta fase resulta clave el desarrollo de actividades que faciliten intercambio diáfano para conocer preocupaciones, lecciones aprendidas, factores de éxito y aspectos que limitarían la gestión efectiva de este riesgo emergente una vez implementado el programa.

En el taller final se debe promover una tormenta de ideas donde cada cual exprese de manera abierta sus criterios; debe involucrarse a productores y trabajadores (figura 2).



FIGURA 2

Taller de capacitación e intercambio de experiencias

Fuente: tomada por Feliciano Zaldivar Meneces (febrero 2023).

TABLA 1
Definición de fases, elementos y actividades principales del programa y métodos

Fases	Elementos del programa	Actividades principales	Método específico
Fase I Conciliación y capacitación	Conciliación	Introducción • Presentación de objetivos y alcance del programa	Visita al agroecosistema y conciliación con el productor
	Capacitación	Taller de capacitación temático • Cianobacterias: aspectos generales: beneficios y perjuicios	Inducida, grupal, <i>in situ</i> , con elementos formales y no formales Taller especializado
	Socialización de resultados	Taller de socialización de resultados • Presentación de principales resultados del proyecto en fuentes abasto de agua y agroecosistemas • Experiencias de manejo: caso San Blas	Intercambio de experiencias, grupal, <i>in situ</i> con elementos demostrativos
	Difusión	Distribución de materiales didácticos y de divulgación	Divulgación, grupal o individual
Fase II. Intervención	Asistencia técnica	Taller metodológico participativo • Metodología para la implementación del sistema de clasificación de agroecosistema basado en el impacto por la presencia de cianotoxinas • Experiencia práctica • Toma de muestras • Análisis de las muestras • Evaluación de recursos vulnerables • Evaluación de la salud del ganado de la finca	Demostración de problemas grupal, sensibilización Organización de práctica de campo participativa
Fase III. Sistematización de experiencias	Intercambio de experiencias	Actividad final: intercambio de experiencias, socialización de resultados de los análisis e identificación de lecciones aprendidas	Participativo-demostrativo
	Evaluación final	Identificación de aspectos positivos, negativos e interesantes; puntos vulnerables del programa y aspectos por perfeccionar	Evaluación participativa grupal e individual

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2
Plan de actividades del programa

Actividades	Responsable	Participantes
Taller de capacitación temático • Introducción • Presentación de objetivos y alcance del programa • Presentación de aspectos generales: cianobacterias beneficios y perjuicios	Jefe de proyecto o especialista principal	Integrantes del equipo de investigación Productores y trabajadores de los agroecosistemas involucrados
Taller de socialización de resultados • Presentación de principales resultados en fuentes abasto de agua y agroecosistemas • Experiencias de manejo: caso Comunidad San Blas, Camagüey	Jefe de proyecto o especialista designado	Involucrados e invitados
Distribución de materiales didácticos y de divulgación	Especialista designado	Integrantes del equipo de investigación Productores y trabajadores de los agroecosistemas involucrados

TABLA 2 (continúa)
Plan de actividades del programa

Actividades	Responsable	Participantes
Asistencia técnica Taller metodológico participativo • Metodología para la implementación del sistema de clasificación de agroecosistema basado en el impacto por la presencia de cianotoxinas • Experiencia práctica • Toma de muestras • Aplicación de medidas correctivas	Especialista designado	Productores Personal sector agropecuario
Intercambio de experiencias Actividad final (taller): intercambio de experiencias y lecciones aprendidas	Jefe de proyecto y especialista designado	Productores Personal sector agropecuario

Fuente: elaboración propia.

2. 2. Resultado de la validación del programa

La validación se desarrolló en el periodo comprendido entre marzo de 2020 hasta febrero de 2023 en la finca El Placer, del productor Eduardo Abreu Peña, quien obtuvo la tierra en usufructo por Resolución No. 205/2016 del delegado de la agricultura de la provincia de Las Tunas, con fecha de entrega el 12 de abril de 2016, según lo establece el Decreto Ley 300/2012 “Entrega de tierras estatales ociosas en usufructo”, asociado de la CCS Pedro Lantigua. En la finca y con la participación del equipo de trabajo se impartió un taller de capacitación en el que se implementaron actividades extensionistas con 35 beneficiarios.

2. 2. 1. Conformación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estuvo formado por varios especialistas del territorio (Las Tunas) y de la finca y el jefe de proyecto, radicado en Santiago de Cuba: *a)* el productor, *b)* dos trabajadores de la finca, *c)* la familia del productor (esposa e hijos que laboran en la finca), *d)* jefe de proyecto y especialista en la temática, *e)* un médico veterinario, *f)* un biólogo, *g)* cuatro estudiantes de la carrera de Ingeniería en Agronomía y *h)* profesores de la carrera de Agronomía de la Universidad de Las Tunas.

Fase I. Se inició la conciliación y capacitación para crear las capacidades acerca de la necesidad de poder gestionar de forma preventiva el riesgo asociado a la presencia de cianobacterias tóxicas. Previamente, se hizo un recorrido o viaje exploratorio por la finca para contextualizar el taller de capacitación. Se diseñó y distribuyó un folleto informativo sobre la problemática para lograr más información sobre el peligro de contaminación con cianobacterias tóxicas, en productores y técnicos de las formas productivas del territorio. Al respecto, se implementó un grupo de WhatsApp con productores ovinos caprinos del territorio con el objetivo de aportar información que facilite el reconocimiento de las cianobacterias tóxicas por parte del productor y dar armas al veterinario para diagnosticar en forma certera las intoxicaciones mediante el conocimiento de las alteraciones clínicas, parámetros bioquímicos y lesiones macroscópicas observables a la necropsia.

Los talleres resultaron el marco apropiado para la extensión. Más adelante, se desarrollaron las actividades correspondientes a la segunda fase, con visitas intencionadas al agroecosistema para la toma de muestras, el diagnóstico participativo, el levantamiento de recursos vulnerables, situaciones de riesgo y el análisis de la salud de los animales.

En esta fase se considera la necesidad de alianzas institucionales (Cánova Herrandiz *et al.*, 2019). Se definieron estas alianzas para el comprometimiento con el cumplimiento de las acciones por realizar en el agroecosistema: *a)* la Universidad de Oriente, *b)* CUM Jesús Menéndez de la Universidad de Las Tunas, *c)* Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente y *d)* Delegación territorial de la Agricultura.

Fase II. Para la aplicación del diagnóstico participativo, se definió el problema clave por investigar y se desplegaron las herramientas necesarias utilizando como instrumentos del diagnóstico participativo la observación directa y el contacto con los productores en el área de estudio. Se tomaron las muestras y se hizo la inspección visual de cada abrevadero o reservorio. En todo momento se garantizó el ambiente colaborativo, transparencia, respeto, ética y armonía.

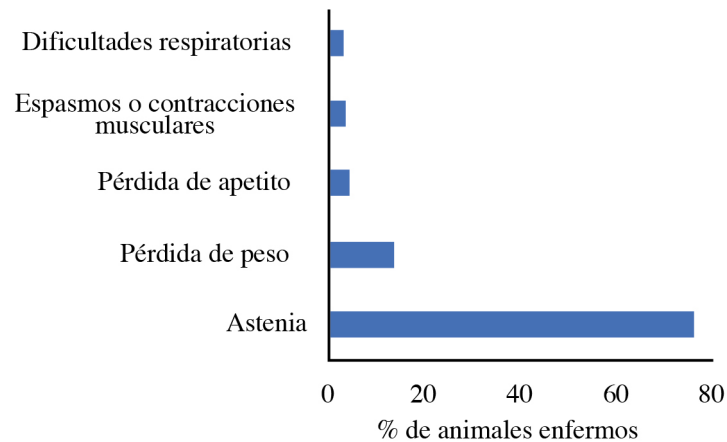
2. 3. Características generales del agroecosistema

El área total de la finca seleccionada es de 8 ha y su actividad fundamental es la siembra de cultivos varios para alimento animal y la producción de carne de ganado ovino-caprino y cerdos criollos; destaca la presencia de un panel solar para el suministro alternativo de energía. El agroecosistema se ubica en el Consejo Popular San Juan, del poblado Jesús Menéndez, en la provincia Las Tunas. Presenta suelos de baja fertilidad, mal drenaje, erosionados, con poca capa vegetal y profundidad efectiva limitada. El relieve es llano con prevalencia de suelos pardo-grisáceos y categoría agroproductiva III, lo que fue corroborado durante un diagnóstico previo.

La finca tiene tres áreas principales. Área 1: abarca la infraestructura de la finca, donde se destacan vivienda, área de sombra para las capacitaciones y otras actividades, naves de cría de ovino, caprinos y cerdos, almacén para recursos y pienso, cisterna para el almacenaje del agua y tanques para la distribución del agua, equipos para el raspado y la limpieza de las naves. Área 2: destinada a la siembra de cultivos varios, con destino a la alimentación animal, autoconsumo y, en menor cuantía, parte de las producciones son donaciones para el hogar de ancianos y el hogar materno. Presenta también una laguna para tratamiento de residuales. Área 3: con cultivos de plátano, flor de jamaica y frutales como el mango, cereza, guayaba, cítricos y plantaciones forestales. Además, el análisis sobre los tipos y cantidades de animales permitió documentar la existencia de *a*) ganado mayor (7 cabezas): 2 reproductoras bovinas y 2 sementales, 2 sementales equinos y un potro; *b*) ganado avícola (83): 40 gallinas y 5 gallos; 35 patas y 3 patos; *c*) ganado porcino (85 cabezas): 30 reproductoras, 2 sementales y 8 machos en desarrollo, 55 crías, 10 en ceba; *d*) ganado ovino-caprino (20 cabezas): 58 reproductoras, 3 sementales, 12 crías, 15 hembras en desarrollo, 11 machos en desarrollo, 6 en ceba, para un total de 295 animales. Entre las dificultades encontradas destacan:

- a*) Excretas, olores desagradables, aguas residuales que se vertían para las lagunas
- b*) Residuos ordinarios (papel, plásticos, vidrios, latas de aluminio, *nylon*)
- c*) Presencia de animales enfermos
- d*) Cambios de coloración en agua de abrevaderos
- e*) Presencia de vectores e insectos perjudiciales para la salud de los animales y el hombre
- f*) Desconocimiento de la fuente de abasto de agua
- g*) Inestabilidad y fluctuación del personal que garantiza la limpieza de abrevaderos
- h*) Desconocimiento de la problemática de las cianobacterias y de las medidas correctivas.

Diversos síntomas clínicos fueron reportados para los animales afectados en la finca en estudio. El más frecuente fue el de astenia (debilitamiento general), que apareció en un 77 % de los animales enfermos (gráfica 1). De un total de 250 animales seleccionados para un chequeo de rutina, 164 presentaron síntomas que indican problemas de salud, lo que representa un 65% del total. De estos 164 animales, el 77% presentó astenia. La astenia estuvo seguida por la pérdida de peso en 21 animales (13%), los espasmos o contracciones musculares involuntarias se manifestaron en el 4%, así como el aletargamiento y pérdida de apetito (4%) y la dificultad para respirar en un menor porcentaje (3%). Si bien estos síntomas no son específicos, no se puede descartar su relación con las cianotoxinas.



GRÁFICA 1
Porcentaje de animales enfermos y principales síntomas
Fuente: elaboración propia.

Se observan en los reservorios cianobacterias formando costras y algunas suspendidas en el agua, lo cual alcanza una concentración de 2×10^5 célmL⁻¹, con una concentración de cianopigmentos de 85.36 µgL⁻¹. Las aguas presentaron un pH de 7.8 ± 0.05 , con valores de turbidez de 88.60 ± 6.25 y conductividad 590.12 ± 22.40 µScm⁻¹. Se verificó que el agroecosistema se abastece de agua a través de un pozo.

Los abrevaderos se encuentran en zonas soleadas, por lo que al aumentar la materia orgánica debido a los restos de secreciones animales durante el abreve y de restos de alimentos, de conjunto con una limpieza poco efectiva, se ha favorecido la proliferación de microalgas, incluidas aquellas provenientes del suelo con tendencia a formar costras y a adherirse a diferentes sustratos (figura 3).



FIGURA 3
Evidencia de la presencia de cambios de color en las paredes de los abrevaderos por presencia de cianobacterias

Fuente: tomada por Feliciano Zaldivar Meneces (marzo 2023).

Se identifica en estos abrevaderos la presencia de las cianobacterias: *Microcystis viridis*, *M. flos-aquae*, *Anabaena* sp., *Leptolyngbya* sp., *Planktothrix agardhii* y *Nostoc commune*. De estas especies, en los hisopados bucales y mutras de secreciones buco-nasales, se identifican abundantes células de *M. viridis*, *M. flos-aquae*, *Anabaena* sp. y *Planktothrix agardhii* y, de forma menos frecuente, *Leptolyngbya* sp. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Resulta notorio que en el 100% de los animales hay isopados positivos, con una o más especies de cianobacterias; sin embargo, en los animales sanos se identifican solo en el 20%. Este ensayo, si bien no es confirmatorio, permite explicar que los enfermos han estado más expuestos a aguas contaminadas con cianobacterias. No obstante, se reconoce como una limitación del estudio, en cuanto a la relación causa-efecto, que no se identificaron directamente cianotoxinas en muestras de rumen o sangre y no pudieron realizarse análisis histopatológicos para corroborar con mayor rigor la relación causal, lo que constituirá el objetivo de próximas investigaciones.

TABLA 3

Presencia de cianobacterias en hisopados bucales y secreciones buconasales de 164 animales enfermos y 50 sanos, toxinas asociadas y órganos diana

Especies de cianobacterias	Total de muestras positivas (animales enfermos)	Total de muestras positivas (animales sanos)	Toxinas asociadas*	Órgano diana*
<i>Microcystis viridis</i>	121	6	Microcistinas	Hígado
<i>Microcystis flos-aquae</i>	38	5	Microcistinas	Hígado
<i>Anabaena</i> sp.	8	-	Anatoxinas	Sinapsis nerviosa
			Cilindrospermopsinas**	Hígado***
			Microcistinas	Hígado
			Saxitoxinas	Nervio axial
<i>Planktothrix agardhii</i>	17	7	Anatoxinas	Sinapsis nerviosa
			Aplisiatoxinas	Piel
			Microcistinas	Hígado
			Saxitoxinas	Nervio axial
<i>Leptolyngbya</i> sp.	18			
Total de animales	164	50		
% de muestras positivas	100	20		

Fuente: elaboración propia.

Nota: * = Lucena, 2008; se explica además la presencia lipopolisacáridos con acción irritante en cualquiera de los géneros y especies identificadas. ** = Cirés Gomez y Quesada del Corral, 2011. *** = esta citotoxina puede afectar otros órganos, por lo que existe riesgo de compromiso multiorgánico.

Sin embargo, la situación de riesgo queda confirmada, por lo que se decide remover el agua contaminada y hacer limpiezas adecuadas de los abrevaderos con hipoclorito y el recambio de agua necesario. Las especies y géneros identificados destacan por su potencial tóxico, asociado a la presencia de microcistinas, anatoxinas y saxitoxinas. Estas toxinas se encuentran en aguas dulces en todo el mundo y son producidas principalmente por *Microcystis* spp., *Anabaena* spp., *Planktothrix* (*P. agardhii* y *P. rubescens*), *Anabaenopsis* spp., *Nostoc* (*N. rivulare*) y *Aphanizomenon* (*A. flos-aquae*) (WHO, 2003).

Las microcistinas inhiben las proteínas fosfatasas eucariotas de tipo 1 y 2A, lo que da lugar a una fosforilación excesiva de los filamentos citoesqueléticos, que finalmente conduce a insuficiencia hepática (Bownik, 2016).

Anabaena spp. y *Aphanizomenon flos-aquae* producen potentes neurotoxinas: anatoxina-a y anatoxina-a(s). Ambas inhiben la actividad de la acetilcolinesterasa y las transmisiones a nivel de la unión neuromuscular (Otten y Paerl, 2015). Por lo general, las saxitoxinas y neosaxitoxinas son producidas por *A. flos-aquae*, *Lyngbya* sp., *Cylindrospermopsis* sp. y *Planktothrix* sp. (Meriluoto *et al.*, 2017). Todas las toxinas mencionadas son dañinas; en este caso, las microcistinas son las más extendidas a nivel mundial y las únicas con límite permitido establecido por la Organización Mundial de la Salud.

Font Iribarne (2016) llevó a cabo estudios para determinar peligrosidad potencial y afectación del ganado y explicó la necesidad de generar insumos para desarrollar un protocolo de acciones preventivas, así como determinaciones de indicadores cuantitativos de cianobacterias (biovolumen, clorofila por extracción y pigmentos *in vivo*) y, de ser posible, la concentración de microcistinas en agua de abrevaderos (Font Iribarne, 2016). Sin embargo, debido a los costos asociados, los análisis hechos en LESA constituyen una alternativa viable.

En el estudio realizado en Uruguay, Font explica que las enzimas hepáticas de los animales que consumieron agua conteniendo microcistinas fueron superiores a sus valores de referencia. A su vez, los animales presentaron niveles detectables de la toxina en sangre, lo cual demuestra que existe correlación entre los niveles de GGT y la concentración de cianotoxinas. De esta forma, se concluye que esta problema afecta uno de los principales rubros de exportación de un país con gran tradición ganadera, como lo es Uruguay, por lo que hay que buscar y manejar sus causas y mitigar los impactos (Font Iribarne, 2016; Goyenola *et al.*, 2021).

De aquí la propuesta de este programa de extensión, para mejorar la percepción de este riesgo y minimizar los impactos negativos de esta problema en contexto. A partir de los resultados obtenidos, se propusieron objetivos, metas por alcanzar y acciones enfocadas a mitigar los impactos asociados a la presencia de cianobacterias en la finca (tabla 4).

El programa se implementa y se socializan resultados en un taller final en el que participan miembros del equipo de trabajo, productores, estudiantes y directivos del sector agrícola. De la experiencia obtenida, cabe resaltar las siguientes lecciones aprendidas: las alianzas interinstitucionales y el enfoque participativo son factores de éxito, la prevención es necesaria para la gestión de este riesgo emergente, resultó relevante involucrar en el equipo a un médico veterinario, la capacitación es primordial en el caso de riesgos emergentes, en los que la percepción es muy baja, la limpieza frecuente de los abrevaderos es básica para mantener la salud animal, sobre todo si existen antecedentes de contaminación con cianobacterias tóxicas.

El programa obtuvo un porcentaje de satisfacción del 97%. Las insatisfacciones estuvieron relacionadas con su necesaria aplicación en otros agroecosistemas y el hecho de dedicarle más tiempo. Para su perfeccionamiento se sugiere involucrar más directivos y tomadores de decisiones del sector agropecuario, así como pesquisas a mayor escala en un área determinada para insertar más agroecosistemas. Asimismo, se plantea insertar esta experiencia en los panes de estudio de la carrera a través del diseño de actividades prácticas.

TABLA 4
Objetivos y metas para mitigar los impactos asociados a la presencia de cianobacterias tóxicas en la finca

Objetivos	Metas	Actividades	Responsable
Implementar buenas prácticas de manejo ambiental	Minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente	Reutilización y valorización de excretas	Dueño de la finca y personal designado
	Minimizar el consumo de agua	Limpiezas en seco o limitar el tiempo de uso del agua	Dueño de la finca
	Reincorporar al sistema productivo los subproductos de las excretas	Construcción y mantenimiento adecuado de un biodigestor eficiente Desarrollo de la lombricultura u otras prácticas agroecológicas	Dueño de la finca y personal designado

TABLA 4 (continúa)

Objetivos y metas para mitigar los impactos asociados a la presencia de cianobacterias tóxicas en la finca

Objetivos	Metas	Actividades	Responsable
Implementar acciones para la prevención del riesgo por presencia de cianobacterias tóxicas	Implementación del programa de extensión agraria con la experiencia adquirida en finca	Extensión de las experiencias adquiridas, hacia otras fincas	Trabajadores y dueño de la finca
		Garantía de alianzas para gestionar emergencias	
		Mantenimiento de la vigilancia sobre los recursos vulnerables	
		Garantías de análisis de agua regulares	
	Minimizar el riesgo por presencia de cianobacterias en abrevaderos y reservorios	Mantenimiento de la vigilancia sobre las fuentes de origen	Trabajadores y dueño de la finca
		Establecimiento de protocolos de limpieza de abrevaderos y reservorios de forma regular	
		Consultas con un médico veterinario sobre la salud del ganado	
		Mantenimiento de la vigilancia sistemática si ya ha tenido eventos de riesgo	
		Documentación de incidencias de la situación de riesgo e impactos	

Fuente: elaboración propia.

PROSPECTIVA

Las cianotoxinas han sido tema desde hace varias décadas de interés para la ciencia; sin embargo, el interés por éstas ha aumentado recientemente debido a su incidencia, al aumento de los florecimientos causados por las condiciones climáticas globales y a los reportes de intoxicación en animales y humanos. Conjugando estudios sistemáticos de campo, de laboratorio y epidemiológicos, se ha comprobado que las cianotoxinas provocan brotes agudos de gastroenteritis, congestión pulmonar, irritaciones cutáneas, alergias, lesiones hepáticas, incluso incremento en la incidencia de tumores y metástasis, de ahí el valor de la detección del riesgo (Carmichael, 2008; Gómez *et al.*, 2010).

Las cianotoxinas causantes de la mayoría de los episodios de cianotoxicidad son las microcistinas (hepatotoxinas), de las que se ha explicado su resistencia a los tratamientos convencionales de aguas potables, como la cloración; éstas pueden llegar a causar graves problemas sanitarios y medioambientales, aun a muy bajas concentraciones. Su presencia se asocia fundamentalmente a especies de *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenom*, *Nodularia* y *Planktothrix* (Gómez Luna *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2008; Rodríguez-Tito *et al.*, 2022; Rodríguez Tito, 2022).

El conocimiento sobre la presencia de cianobacterias y cianotoxinas ha estado muy limitado por la falta de métodos adecuados para la detección y vigilancia (Gómez *et al.*, 2010), así como por la falta de percepción sobre este riesgo, en ocasiones desconocido, subvalorado o ignorado, con impacto demostrado en la salud humana, animal y ambiental, de aquí la importancia del enfoque “Una salud” (OMS, 2021).

En muchos casos ha sido evidente la incapacidad de prevenir y hacer frente a una intoxicación masiva por cianobacterias tóxicas debido al desconocimiento del fenómeno o la falta de herramientas para la gestión de este riesgo e incluso la limitada preparación para contingencias relacionadas con intoxicaciones masivas por presencia de cianobacterias, donde cada vez es más imprescindible el desarrollo de investigaciones en contexto, la disponibilidad de mecanismos y protocolos de gestión efectivos y establecer alianzas interinstitucionales para dar soluciones definitivas y perdurables. En este contexto, las acciones de capacitación y sensibilización son relevantes, así como promover buenas prácticas y fomentar el manejo de este riesgo desde las fuentes proveedoras de agua.

CONCLUSIONES O RESULTADOS

El artículo cumplió con el objetivo general planteado. Se diseña un programa de extensión que consta de tres fases: conciliación y capacitación, intervención y sistematización de experiencias, a partir de las cuales se estructura un plan de actividades que complementa acciones de gestión del riesgo emergente asociado a la presencia de cianobacterias tóxicas en agroecosistemas. La propuesta se valida en un agroecosistema de la provincia de Las Tunas, se caracteriza el riesgo y su impacto en el ganado ovino-caprino. A partir de los resultados obtenidos se proponen objetivos, metas por alcanzar y acciones enfocadas en la mitigación de los impactos negativos asociados a la presencia de cianobacterias con garantías de un seguimiento para promover buenas prácticas.

El programa obtuvo un alto nivel de satisfacción y con su desarrollo se promovió la participación de productores de agroecosistemas del municipio Jesús Menéndez, directivos del sector agrícola y estudiantes de agronomía. Las alianzas interinstitucionales y el enfoque participativo constituyen factores de éxito, por lo que es relevante la inclusión en el equipo de trabajo de un médico veterinario y el desarrollo de la investigación participativa como parte de las actividades prácticas del programa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa Sectorial de Salud Animal y Vegetal de Cuba, que coordina la Dra. C. Nivean Montes de Oca, por facilitar la implementación del programa y financiar el proyecto “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”. Nuestro agradecimiento para los miembros del proyecto. Asimismo, extendemos los agradecimientos a los árbitros quienes aportaron una mejora a la estructura del artículo, así como por su experticia y aportaciones para una versión final mejorada.

REFERENCIAS

- Aguilera, A., Almanza, V., Haakonsson, S., Palacio, H., Rodas, G. A. B., Barros, M. U. G.,... & Bonilla, S. (2023). Cyanobacterial bloom monitoring and assessment in Latin America. *Harmful Algae*, 102429. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2023.102429>
- Asamblea Nacional del Poder Popular. (2022). Ley 148/2022 de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional de 14 de mayo de 2022. Gaceta Oficial de la República de Cuba, No. 77 Ordinaria de 28 de julio de 2022.
- Bownik, A. (2016). Harmful algae: Effects of cyanobacterial cyclic peptides on aquatic invertebrates-a short review. *Toxicon*.
- Bradley, W. G., Borenstein, A. R., Nelson, L. M., Codd, G. A., Rosen, B. H., Stommel, E. W., & Cox, P. A. (2013). Is exposure to cyanobacteria an environmental risk factor for amyotrophic lateral sclerosis and other neurodegenerative diseases? *Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration*, 14(5-6), 325-333. <https://doi.org/10.3109/21678421.2012.750364>
- Cánova Herrandiz, A., Betancourt Bagué, T. y Vecino Rondón, U. (2019). Actividades de extensión agraria: contribución a la gestión ambiental de una finca en el sector cooperativo. *Revista Cooperativismo y Desarrollo (COODE)*, 7(3), 420-434.
- Cantoral Uriza, E. A., Asencio Martínez, A. D., & Aboal Sanjurjo, M. (2017). Cianotoxinas: efectos ambientales y sanitarios. Medidas de prevención. *Hidrobiológica*, 27(2), 241-251.

- Carmichael, W. (2008). Chapter 4: A world overview - One-hundred-twenty-seven years of research on toxic cyanobacteria - Where do we go from here? *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*, 619, 105-125.
- Chorus, I. (2012). *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Germany: Federal Environment Agency.
- Chorus, I., & Rosel, F. (2000). Toxic cyanobacteria can be lethal for dogs. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere*, 28(4), 216-216.
- Cirés Gomez, S. y Quesada del Corral, A. (2011). *Catálogo de cianobacterias plactónicas potencialmente tóxicas e las aguas continentales españolas*. España: Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Corbel, S., Mougin, C., & Bouaicha, N. (2014). Cyanobacterial toxins: Modes of actions, fate in aquatic and soil ecosystems, phytotoxicity and bioaccumulation in agricultural crops. *Chemosphere*, 96, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.056>
- Cruz Cabrera, L., Vecino Rondón, U., & Cánova Herrandiz, A. (2018). Plan de extensión agraria: experiencia exitosa en una comunidad agropecuaria con las especies ovino-caprinas. *Revista Cooperativismo y Desarrollo (COODES)*, 6(2), 257-267.
- Font Iribarne, E. (2016). *Cianotoxinas en abrevaderos: peligrosidad y efectos negativos para el Ganado* (tesis de Maestría en Ciencias Ambientales). Universidad de la República, Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24215/1/uy24-18098.pdf>
- Gilroy, D. J., Kauffman, K. W., Hall, R. A., Huang, X., & Chu, F. S. (2000). Assessing potential health risks from microcystin toxins in blue-green algae dietary supplements. *Environmental Health Perspectives*, 108(5), 435-439. <https://doi.org/10.2307/3454384>
- Gómez, L., Álamo, B., & Rodríguez Tito, J. C. (2010). Riesgo de contaminación con cianobacterias en tres embalses de agua de Santiago de Cuba. *Medisan*, 14(2).
- Gómez Luna, L., Álvarez Hubert, I., Rodríguez, T., J. C., & Álamo Diaz, B. (2011). *Cianobacterias: un riesgo emergente en embalses de agua de Santiago de Cuba*. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente. http://www.cnea.uo.edu.cu/index.php?option=com_remository&Itemid=130&func=select&id=3
- Goyenola, G., Kruk, C., Mazzeo, N., Nario, A., Perdomo, C., Piccini, C. y Meerhoff, M. (2021). Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay armando el rompecabezas. *INNOTECH*, 22(2021).
- Komárek, J. (1984). Sobre las cianofíceas de Cuba: 1) *Aphanizomenon volzii*; 2) Especies de *Fortiea*. *Acta Botánica Cubana*, 18, 1-30.
- Komárek, J. (2005). Studies on the cyanophytes (Cyanobacteria, cyanoprokaryota) of Cuba 11. *Freshwater Anabaena species*. *Preslia*, 77(2), 211-234.
- Komárek, J. (2013). Cyanoprokaryota 3: Heterocytous Genera. In B. Budel, G. Gartner, L. Krienitz, & M. Schagerl (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 19, pp. 1130). Spektrum Akademischer Verlag.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1998). Cyanoprokaryota. 1 Teil. Chroococcales. In G. G. Ettl H., H. Heynig & D. Mollenhauer (Ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm (pp. 548).
- Li, Y., & Han, X. D. (2012). Microcystin-LR causes cytotoxicity effects in rat testicular Sertoli cells. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 33(2), 318-326. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2011.12.015>
- Loaiza-González, J. M., Rubio-Clemente, A. y Peñuela-Mesa, G. (2023). Aplicación de ultrasonido para el control de cianobacterias y la degradación de cianotoxinas. *Revista UIS Ingenierías*, 22(4), 51-60.

- Lucena, E. (2008). Aspectos sanitarios de las cianotoxinas. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8, 291-302.
- Malcuori Bico, M. A. (2011). *Cianotoxinas y Cianobacterias en peces de agua dulce*. Montevideo: Universidad de la República.
- Méndez, S. M. (2006). Impacto de las floraciones algales nocivas en Uruguay: origen, dispersión, monitoreo, control y mitigación. In R. R.-G. Menafrá, L.; Scarabino, F & Conde, D. (Ed.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya* (pp. 668). Montevideo: Vida Silvestre Uruguay.
- Meriluoto, J., Spoof, L., & Codd, G. A. (2017). *Handbook of cyanobacterial monitoring and cyanotoxin analysis*. John Wiley & Sons.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2021). *Una salud: un enfoque integral para abordar las amenazas para la salud en la interfaz entre los seres humanos, los animales y el medioambiente*. 59 Consejo directivo (73.a Sesión del Comité Regional de la OMS para Las Américas Sesión virtual, del 20 al 24 de septiembre del 2021 CD59/9).
- Otten, T. G., & Paerl, H. W. (2015). Health effects of toxic cyanobacteria in US drinking and recreational waters: our current understanding and proposed direction. *Current Environmental Health Reports*, 2(1), 75-84.
- Pérez, D. S., Soraci, A. L., & Tapia, M. O. (2008). Cianobacterias y cianotoxinas: rol de las microcistinas en la salud humana y animal y su detección en muestras de agua. *Analecta Veterinaria*, 28(1), 48-56.
- Quevedo, M. L. C. y Figueredo, M. E. V. (2020). Utilización de carbón activado producido a partir de cáscara de *Macadamia* sp para la remoción de microcistina presente en agua destinada al consumo humano en condiciones de laboratorio. *Investigaciones y Estudios-UNA*, 11(1), 02-09.
- Quiblier, C., Wood, S., Echenique-Subiabre, I., Heath, M., Villeneuve, A., & Humbert, J. F. (2013). A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria - Ecology, toxin production and risk management. *Water Research*, 47(15), 5464-5479. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.06.042>
- Rodríguez-Tito, J. C. y Gómez-Luna, L. M. (2020). Estado trófico de 24 embalses de agua en el oriente de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 32(1), 136-153.
- Rodríguez-Tito, J. C., Gómez Luna, L. M., Noppe, W. N., & Álvarez Hubert, I. (2022). First Report on Microcystin-LR Occurrence in Water Reservoirs of Eastern Cuba, and Environmental Trigger Factors. *Toxins*, 14(3), 209.
- Rodríguez Tito, J. C. (2022). *Cianobacterias y cianotoxinas en embalses de agua del Oriente de Cuba: niveles, extensión del riesgo y factores ambientales desencadenantes* (tesis de doctorado). Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
- Roset, J., Aguayo, S., & Muñoz, M. J. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas: una revisión. *Revista de Toxicología*, 18, 65-71.
- Wher, J., & Sheath, R. (Eds.). (2003). *Freshwater Algae of North America*. London: Academic Press.
- WHO (World Health Organization). (2003). *Guidelines for safe recreational water environments: coastal and fresh waters. I*. Geneva.

CC BY-NC-ND



Disponible en: <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/22364>

Cómo citar el artículo:

Gómez Luna, L. M., González Borlet, M. C., Abreu Peña, E. y Zaldívar Meneces, F. (2025). Programa de extensión para enfrentar el impacto de las cianobacterias tóxicas en agroecosistemas ganaderos. *CIENCIA ergo-sum*, 32. <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a39>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v32n0a39>



Licencia Creative Commons Atribución-No-Comercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Declaración de autoría (CRediT):

Liliana María Gomez Luna: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.

María Caridad González Borlet: investigación, validación, visualización, redacción-revisión y edición.

Eduardo Abreu Peña: investigación, validación, visualización, redacción-revisión y edición.

Feliciano Zaldívar Meneces: investigación, validación, visualización.