

**Título: Cianobacterias: un riesgo emergente en la ciudad de Santiago de Cuba.**

**Autores:** Dra. C. Liliana María Gómez Luna ([liliana@cnea.uo.edu.cu](mailto:liliana@cnea.uo.edu.cu)), MSc. Inaudis Álvarez Hubert, Beatriz Álamo Díaz y Lic. José Carlos Rodríguez Tito.

**Centro de procedencia:** Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Santiago de Cuba.

**Palabra clave:** Cianobacterias

### **PREMIO EN LA INSTANCIA NACIONAL DEL CONCURSO.**

#### **RESUMEN:**

Elaborado este material monográfico para un público como: profesionales de la salud, del sector académico y en general gestores de salud y del recurso agua. Se presenta una revisión actualizada de la temática de las cianobacterias y sus riesgos, explicando además los resultados de los primeros estudios desarrollados en la provincia de Santiago de Cuba sobre el riesgo de la contaminación con cianobacterias en embalses de agua. Asimismo expone los últimos hallazgos de las investigaciones que desarrolla el laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad de Oriente, los que comenzaron en el año 2000, realizándose hasta la fecha, la caracterización fitoplanctónica de tres embalses en el municipio cabecera (Chalóns, Parada y Charco Mono) en los años 2000, 2001, 2002 y 2008-2010 habiéndose identificado morfoespecies potencialmente tóxicas.

Todo ello con el **objetivo** de contribuir al conocimiento de riesgos locales que afectan la salud a través de resultados propios, generando literatura científica útil con el fin de sentar las bases para una gestión del riesgo de la contaminación con cianobacterias y sus toxinas en Cuba.

Con un total de 73 páginas y 131 referencias bibliográficas, esta monografía se estructuró en 12 capítulos, una nota final y 25 subcapítulos.

Consta básicamente de un capítulo introductorio (Introducción), y el resto se lista a continuación:

- Medio ambiente y salud
- El agua potable y sus estándares de calidad
- Marco legal
- El riesgo de contaminación por cianobacterias
- Cianotoxinología
- Efectos clínicos y tratamiento de la intoxicación por cianotoxinas
- Las investigaciones sobre cianobacterias y cianotoxinas: aproximación a un metanálisis la gestión del riesgo por contaminación con cianobacterias y cianotoxinas
- Floraciones de cianobacterias en embalses de Santiago de Cuba
- Últimos hallazgos en embalses de Santiago de Cuba
- Elementos clave para la gestión integrada del riesgo y propuesta de protocolo para la acción
- Nota final

## Introducción

La presencia de cianobacterias y sus riesgos para la salud humana, animal y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos es un tema que ha cobrado interés por el aumento de los reportes de eventos tóxicos asociados a los cambios del clima global, sin embargo, a nivel local y en el país, no existe una percepción adecuada del riesgo de contaminación por cianobacterias y sus toxinas.

Algunos microorganismos afectan la calidad del agua, pero muchos de ellos escapan a los análisis microbiológicos de rutina; este es el caso de las cianobacterias. En la actualidad, los análisis microbiológicos de rutina para aguas potables en muchas regiones del mundo están dirigidos a la detección de bacterias como el *Streptococcus fecalis* y el grupo de las coliformes; sin embargo, la calidad microbiológica sigue siendo dudosa mientras los análisis no descartan la presencia de biotoxinas. La creciente eutrofización de los ambientes acuáticos favorece el crecimiento masivo de especies capaces de producir potentes toxinas, con graves repercusiones para la salud pública y la sanidad animal. En los últimos años, conjugando estudios sistemáticos de campo, laboratorio y epidemiológicos se ha comprobado que las cianotoxinas (CNTs) causan no sólo patologías y muerte masiva de animales de vida libre y domésticos, sino también graves problemas de salud, como brotes agudos de gastroenteritis, congestión pulmonar, irritaciones cutáneas, alergias, lesiones hepáticas, elevación de la incidencia de tumores y metástasis, efectos observados tras el contacto y/o ingestión de aguas en las que existen o han existido cianobacterias.

A nivel global en los embalses de agua de consumo, ha sido frecuente la presencia de los géneros *Microcystis*, *Oscillatoria* y *Anabaena* los que incluyen estirpes productoras de toxinas (aproximadamente 80%, en el caso de *Microcystis*). En Santiago de Cuba estos géneros también han tenido una presencia estable. Sin embargo, destaca el desconocimiento del fenómeno y sus implicaciones, tanto por personas naturales como por las instituciones y la falta de investigaciones que demuestren la toxicidad de las especies potencialmente tóxica identificadas, lo que sin dudas ha de contribuir al manejo efectivo de dicho riesgo.

Existen hoy preguntas clave que serán respondidas total o parcialmente en esta monografía: ¿existe en nuestras condiciones climáticas riesgo de contaminación con cianobacterias tóxicas en los embalses de agua? ¿Cuáles son las especies potencialmente tóxicas más frecuentes? ¿Qué efectos producen las cianobacterias en los embalses estudiados?, entre otras. Encontrar respuestas a los aspectos mencionados exige un tratamiento interdisciplinar y, por tanto, una acción multisectorial e integrada. Cada instancia, organismo o investigador será responsable o podrá tratar un aspecto parcial de la cianotoxicidad, pero a todos conviene poseer el conocimiento más amplio del mismo.

### Medio ambiente y salud

En este capítulo se definen términos relevantes como medioambiente, salud ambiental, contaminación, diferentes reservorios en la naturaleza susceptibles a la contaminación y los tipos principales de esta, los contaminantes de mayor impacto, entre otros.

Pearce y Turner (1995) definen medio ambiente como “Todo aquello que existe fuera del organismo vivo, todo lo que lo rodea en el universo externo, incluyendo todos los factores o circunstancias externas ante los cuales el organismo reacciona o puede reaccionar. El medio ambiente está constituido por una multiplicidad de factores que pueden clasificarse en factores físicos (aire, agua, tierra, temperatura, ruido, iluminación, residuales, ropas,

alimentos); factores biológicos (animales, plantas, insectos, microorganismos); factores sociales y culturales (educación, economía, tecnología, organizaciones políticas y sociales, ciencia, religión, idioma).

Por su parte, la salud ambiental se define como la esfera de la Salud Pública que se ocupa de las formas de vida, las sustancias, fuerzas y las condiciones en el entorno del hombre, que puedan influir sobre su salud y bienestar. Esta involucra problemas de salud asociados con el ambiente humano, y abarca un complejo contexto de factores y elementos de variada naturaleza que actúan favorablemente sobre el individuo, mientras que la calidad ambiental condiciona el mayor o menor riesgo de enfermar y se refiere a factores sociales, culturales, económicos y políticos prevalecientes.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) en 1993 dictaminó que la salud ambiental comprende los aspectos de la salud humana determinados por factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales presentes en el ambiente. Esto incluye la práctica y teoría de evaluar, corregir, controlar y prevenir los factores en el ambiente que puedan afectar la salud de presente y futuras generaciones.

La acción humana sobre el medio ambiente conlleva siempre a una intervención directa o indirecta en los ecosistemas. Cualquier alteración ocasionada por el ser humano provoca cambios en el ecosistema que en ocasiones produce la degradación del mismo. Estos cambios en el ecosistema pueden ocurrir con la incorporación al aire, agua o al suelo de productos o elementos que afectan la salud del hombre, otros organismos vivos y la calidad de vida.

La contaminación es un fenómeno que existe desde el origen de la tierra. Las sustancias contaminantes se dispersan y transportan sobre y dentro de los recursos naturales modificando sus características originales; pero, a medida que el hombre fue evolucionando y se transformó en sedentario, consumidor despiadado y derrochador de recursos, este problema ha crecido notablemente. La actividad económica en sentido general ha deteriorado una serie de recursos presentes en ecosistemas, dentro de los que destaca el agua. La contaminación de la misma consiste en la adición de materias extrañas que afectan su calidad. Otros autores plantean que es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

### El agua potable y sus estándares de calidad

En sentido general se aborda el tema de la calidad del agua y la eutrofización de ecosistemas acuáticos, explicando que un modelo de desarrollo sustentable que tenga como vértice al ser humano debe considerar, entre otros, la provisión de dos elementos esenciales para su subsistencia como son el agua y los alimentos. Estos deben ser inocuos y contribuir al estado de salud y al bienestar. Sin embargo, cuando las condiciones higiénico-sanitarias del ambiente o de los procesos de elaboración no son adecuadas, pueden convertirse en vehículos de microorganismos toxoinfecciosos que causan diarreas y otros síndromes indeseables. Se explican además, los estándares calidad en los análisis microbiológicos.

### Marco Legal

En este capítulo se ofrece una panorámica global, incluyendo comentarios sobre el papel de la OMS en la protección de los recursos hídricos. Se introduce el tema de la protección del recurso agua en Cuba, pecificando que nuestro país cuenta con una Estrategia Ambiental

Nacional (EAN) 2007-2010, por medio de la cual se trabaja en la proyección concreta de la política ambiental del país y se proyecta la nueva Estrategia Ambiental Nacional 2011-2015. Dentro del programa hidráulico de la EAN se encuentra la protección y el manejo integral de las aguas terrestres, como factor determinante para la protección de la salud humana y animal, la producción agrícola y la conservación de los suelos, por lo que es necesario detectar los problemas de contaminación orgánica y de salinidad de las aguas subterráneas y superficiales. Explicando que, a pesar de haberse establecido leyes y regulaciones en materia de protección al medio ambiente y específicamente a los cuerpos de aguas corrientes superficiales y subterráneas, se hace evidente una falta de dominio de éstas, las que no se aplican con el rigor necesario, observándose que fluyen hacia los ríos y otros cuerpos de agua, residuales líquidos industriales y domésticos sin previo tratamiento, siendo necesario el cumplimiento de estas leyes así como la aplicación de las contravenciones, según corresponda a las instituciones que incurren en este hecho, para lograr minimizar las afectaciones a los ecosistemas acuáticos.

Se realiza un análisis en específico del marco legal de la gestión del riesgo de contaminación con cianotoxinas, explicando la experiencia de varios países y concuyendo con la siguiente afirmación: dentro de la legislación cubana no se aborda de manera específica el tema de las cianobacterias y sus toxinas. Hasta el momento, no han existido precedentes que sensibilizaran a “tomadores de decisión” para cumplir con un viejo anhelo de los científicos que se dedican a este campo de investigaciones en el país: incluir entre los análisis microbiológicos de rutina la determinación de, al menos, la aparición de especies tóxicas y regulaciones que protejan de los múltiples efectos de la contaminación por cianotoxinas. En la actualidad, algunos grupos de investigación trabajan en este sentido, pero al parecer aún no han sido suficientes los problemas causados al hombre para establecer una vigilancia estable en las fuentes de abasto de agua. Se conocen experiencias positivas en varios países, sin embargo, aún falta mucho por hacer a escala global.

#### El riesgo de contaminación por cianobacterias

Se tratan los beneficios y perjuicios de las cianobacterias de manera general. Realizando una análisis histórico del uso e impactos de estos microorganismos por y sobre la actividad humana. Se explica que las floraciones algales nocivas tienen un impacto económico y social relevante en todas las zonas afectadas a nivel mundial, considerando un análisis sobre Cianobacterias tóxicas y cianotoxinas.

Este es uno de los capítulos más amplios que termina con un análisis de los riesgos para la salud humana y sus vías de exposición.

#### Cianotoxinología

En este capítulo se habla de las cianotoxinas, su clasificación, estructura y manifestaciones clínicas. Considerando que la Toxinología es la disciplina científica dedicada al estudio de la química, bioquímica, farmacología y toxicología de las toxinas.

De forma general, las ficotoxinas comprenden un amplio espectro de sustancias de estructuras moleculares, mecanismos de acción y actividad biológica muy diversa y pueden clasificarse atendiendo a sus diferentes efectos toxicológicos. Basándose en la sintomatología de la intoxicación y en los vectores de transmisión se han definido siete tipos de síndromes asociados a las toxinas o venenos correspondientes:

- Veneno Paralizante de Mariscos (VPM)
- Veneno Diarreico de Mariscos (VDM)

- Veneno Amnésico de Mariscos (VAM)
- Veneno Neurotóxico de Mariscos (VNM)
- Veneno de la Ciguatera de los Peces (VCP)
- Veneno Venerupínico de Moluscos (VVM)
- Venenos derivados del Azasparácido (AZP)
- Cianotoxinas

Las toxinas producidas por cianobacterias pueden ser consideradas como metabolitos secundarios y son un diverso grupo de ficotoxinas, tanto desde el punto de vista químico como toxicológico; estas causan problemas agudos y posiblemente crónicos en humanos y envenenamientos fatales en animales.

Se incluyen diagramas de calcificación, estructuras químicas y se explican las principales cianotoxinas y sus efectos, así como microorganismo asociados. Concluyendo con un resumen de las principales cianotoxinas y cianobacterias que la producen.

1. Anatoxina-a: *Anabaena flos-aquae*, *A. lemmermannii*, *A. planktonica*, *Anabaena* spp., *Aphanizomenon* spp., *Planktothrix* spp.; *Phormidium* sp., *Raphidiopsis*, *Oscillatoria* spp., y *Cylindrospermum* sp.
2. Anatoxina-a(s): *Anabaena flos-aquae* y *A. lemmermannii*.
3. Homoanatoxina: *Oscillatoria formosa* y *Raphidiopsis mediterránea*.
4. Microcistina: *Microcystis aeruginosa*, *M. viridis*, *M. wesenbergii*, *Anabaena* spp., *Anabaenopsis* spp., *Aphanocapsa* spp., *Arthrospira* spp., *Hapalosiphon* spp., *Oscillatoria* spp., *Nostoc* spp., *Planktothrix* spp., *Snowella* spp., *Woronichinia* spp., *Synechococcus* sp., *Synechocystis* spp.
5. Cylindrospermopsina: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Umezakia natans* y *Aphanizomenon ovalisporum*
6. Nodularina: *Nodularia spumigena* y otras especies.
7. Lyngbyatoxina, aplyasiatoxina, debromoaplyasiatoxina: *Lyngbya majuscula* (y otras especies marinas), *Schizothrix calcicola* y *Oscillatoria nigro-viridis*.
8. Saxitoxinas: *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. gracile*, *Anabaena circinalis*, *Cylindrospermopsis raciborskii* y *Lyngbya wollei*.
9. Endotoxinas: *Anacystis nidulans*, *Anabaena cilíndrica*, *Anabaena flos-aquae*, *Oscillatoria tenuis* (= *Phormidium tenue*) y *Oscillatoria brevis*.

### Efectos clínicos y tratamiento de la intoxicación por cianotoxinas

Este constituye uno de los capítulos imprescindibles de la monografía. Es indiscutible la necesaria vigilancia para el control y prevención de mortalidades 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 en cianobacterias deben complementar el trabajo de atención primaria del personal de la salud, y viceversa.

Constituye una excelente herramienta de trabajo para el personal de la salud e incluye síntomas agudos y crónicos, dosis letales establecidas por diferentes fuentes, considerando

bioensayos *in vivo* con ratones. Mecanismos de acción, con un breve resumen por tipo de toxina y consideraciones clave para el diagnóstico diferencial, así como los tratamientos.

#### Las investigaciones sobre cianobacterias y cianotoxinas: aproximación a un metanálisis

Se exponen los resultados de un metanálisis que considero 200 artículos científicos publicados entre 2000 y 2010 en 108 de las principales revistas científicas del mundo, pertenecientes a 41 países, incluidas en las bases (Thompson ISI, Scopus, Scielo, Periodica, Medline, Chemical Abstract y Biological Abstract) en el tema general de cianobacterias y el específico de cianotoxinas, lo que permite identificar 22 líneas investigativas fundamentales.

La diversidad de temas puede ser indicativo de la preocupación que existe a nivel mundial sobre el tema; sin embargo es notoria la poca publicación que existe en la parte de la remediación, por lo que desde el punto de vista práctico, aún quedan muchos vacíos de conocimiento.

#### La gestión del riesgo por contaminación con cianobacterias y cianotoxinas

Se abordan conceptos básicos de la gestión del riesgo y definiciones clave. El análisis de riesgos es una técnica multidisciplinaria que utiliza conceptos desarrollados en varias ciencias en las que se incluyen la Toxicología, Epidemiología, Ingeniería, Psicología, Higiene industrial, Seguridad ocupacional, Seguridad industrial, Evaluación del Impacto Ambiental, Ecotoxicología, entre otras.

Posteriormente se exponen elementos concernientes a la percepción del riesgo de contaminación por cianotoxinas en Cuba, considerando que existe un alarmante desconocimiento de la presencia de estos microorganismos en las fuentes de suministro de agua.

Con el objetivo de evaluar el conocimiento existente en sectores clave con relación al tema de las cianobacterias, sus toxinas e implicaciones para la salud humana, se aplican dos formularios de encuestas a personas relacionadas con el sector de la salud, los servicios y el académico, en los municipios Santiago de Cuba, Baracoa (Guantánamo), Cerro y Diez de Octubre (Provincia Habana). Dicha pesquisa se ha focalizado en estos sectores, considerados clave para el manejo del riesgo por la contaminación por cianotoxinas. Se exponen entonces los resultados del estudio realizado.

#### Floraciones de cianobacterias en embalses de Santiago de Cuba

Han sido objeto de estudio hasta la fecha, los embalses, Chalóns, Charco Mono y Parada. En una primera etapa fueron analizados durante los años 2008-2009, y en 2010 se realiza un estudio comparativo y de detección del riesgo en Chalóns (en la foto a la izquierda) y Parada. Estos embalses brindan agua a más del 80% de la población de Santiago de Cuba (480 000 hab.) y son alimentados por ríos en los que corren residuales de pequeñas poblaciones cercanas (Boniato, El Cobre, Cañas, entre otros), por lo que existen posibilidades de un aumento creciente de la eutrofización de sus aguas.

Se exponen todos los resultados de las investigaciones realizadas hasta la fecha. A partir de los resultados obtenidos, se propone una metodología para la gestión de riesgo por contaminación con cianobacterias en embalses de agua. El estudio realizado corresponde a la fase de detección del riesgo; en próximas etapas hay que profundizar en la caracterización y en una evaluación integrada del riesgo, que permita una gestión adecuada.

Existe riesgo por contaminación con cianobacterias y cianotoxinas en los embalses de agua Chalóns, Charco Mono y Parada, de la ciudad de Santiago de Cuba. Los tres embalses son vulnerables a la ocurrencia de floraciones de cianobacterias, siendo Chalóns el más susceptible en el período estudiado (noviembre-marzo), por lo que se hace inminente la coordinación entre actores clave como: las dependencias provinciales del Instituto de Recursos Hidráulicos, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, el Ministerio de Salud Pública y el Gobierno, así como un análisis del marco legal existente concerniente a la contaminación por cianobacterias y cianotoxinas.

Se hace necesario desarrollar métodos para la pronta detección de florecimientos específicos de cianobacterias, lo que conlleva acciones correctivas, como un adecuado tratamiento del agua, o el desplazamiento de la toma de agua, evitando el suministro de un producto de riesgo a los consumidores. El Laboratorio de Ecotoxicología desarrolla investigaciones para un adecuado monitoreo de especies de cianobacterias potencialmente tóxicas; sin embargo, se hace necesario el reconocimiento del fenómeno y su efecto nocivo sobre la salud por las instituciones de salud del territorio y la población, por lo que apremia el desarrollo de un programa de instrucción orientado a los diferentes actores y sectores involucrados, para garantizar la gestión integrada del riesgo de contaminación por cianobacterias y cianotoxinas.

Además, se presenta la relación existente entre los géneros detectados con algunos parámetros físicos-químicos de las aguas y dichos datos se compararon con los criterios establecidos en la Norma Cubana para el Agua Potable 93-02: 1986, dictada por Higiene Comunal. Al igual que se estableció una relación de dichos géneros (especialmente *Microcystis*) con la hospitalización de pacientes consumidores directos de las mismas y que presentaban síntomas propios de una posible intoxicación por cianotoxinas.

Por medio de estas investigaciones se pudo concluir que existe riesgo por contaminación con cianobacterias y cianotoxinas en tres embalses de agua de la ciudad de Santiago de Cuba: Chalóns, Charco Mono y Parada; por lo que se consideran vulnerables a la ocurrencia de floraciones de cianobacterias, siendo Chalóns el más susceptible.

Aunque los resultados obtenidos fueron prometedores se reflejó la evidente incapacidad de prevenir y hacer frente a una intoxicación masiva por cianobacterias tóxicas, debido, fundamentalmente al desconocimiento del fenómeno por las instituciones involucradas y a la falta de investigaciones rigurosas, que demuestren la existencia de cianobacterias toxigénicas y de cianotoxinas. Por lo que resulta acuciante la toma de medidas en pro de erradicar la proliferación de cianobacterias.

#### Últimos hallazgos en embalses de Santiago de Cuba.

En este capítulo se exponen los resultados de las últimas investigaciones realizadas hasta la fecha. Ya establecidos cinco puntos de muestreo por embalse y considerando un estudio donde se incluyen dos meses del período lluvioso y dos meses de seca en los embalses Chalóns y Parada, se determina la concentración fitoplanctónica en cada una de las estaciones para los diferentes meses de muestreo, haciéndose evidente que hay un aumento de la densidad celular en los meses de transición (mayo y noviembre) y que en este último mes, es Parada el que presenta mayor riesgo para la ocurrencia de floraciones del fitoplancton. Sin embargo, un análisis comparativo permite explicar una disminución de la concentración de células fitoplanctónicas en Chalóns y un aumento en Parada, respecto a los años 2008 y 2009, lo que indica la heterogeneidad estacional de condiciones para ambos acuatorios.

Se incluye un análisis de la composición de pigmentos, a través de la cual se pretende evaluar de forma rápida la presencia de cianobacterias en el entorno local. Es necesario establecer medidas de control que garanticen un manejo adecuado no sólo de la calidad del agua, sino del riesgo que representa la presencia de cianobacterias tóxicas en embalses de agua.

El último análisis fitoplanctónico (2010) indica que existen en ambos embalses especies potencialmente tóxicas y las aguas son eutróficas, por lo que los datos evidencian un mal manejo de la calidad microbiológica de estos embalses de agua de consumo, situación identificada en las encuestas realizadas hasta la fecha.

#### Elementos clave para la gestión integrada del riesgo y propuesta de protocolo para la acción.

Los últimos hallazgos indican que existe un riesgo real por la presencia de cianobacterias en los embalses estudiados y que sus niveles pueden constituir un riesgo para la salud. Las especies tóxicas son las mismas que se detectaron en 2008 y 2009, por lo que hay una presencia estable de estas en los embalses, constituyendo una evidencia de la necesidad de establecer un programa para el control de floraciones de cianobacterias, así como capacitar a profesionales para establecer adecuadas medidas de control y garantizar el buen funcionamiento de la red de actores vinculada al manejo de este tipo especial de contaminación emergente. Se presentan los elementos clave a considerar para dar solución a una situación de riesgo emergente: la prevención, la evaluación y la gestión integrada del riesgo por contaminación con cianobacterias tóxicas; para lo que se necesita una caracterización rigurosa que pasa por la detección del riesgo, mediante el uso de indicadores primarios o de alerta, específicos; la confirmación del riesgo a través de indicadores secundarios y por último la toma de decisiones y establecimiento de mecanismos acertados de regulación y control que garanticen minimizar el impacto de la contaminación por cianotoxinas. La prevención ocupa un lugar importante y entre las acciones preventivas ha de considerarse la importancia de la capacitación de la red de actores y una estrategia divulgativa que permita a la población un mejor manejo de la situación de riesgo.

Se incluyen diagramas explicativos y un protocolo de fácil implementación en Santiago de Cuba.

#### Nota final

La carencia de campañas para la prevención del riesgo por contaminación con cianotoxinas y el imperativo del riesgo real que estas representan hoy a nivel local, lo que está científicamente comprobado, hacen necesaria la consideración de esta situación emergente y la creación de un grupo de trabajo que permita una adecuada gestión.

El riesgo de la contaminación por cianobacterias y sus toxinas, sin dudas, se agravará con los cambios globales del clima. El reconocimiento de esta situación por las autoridades sanitarias y la implementación de programas de sensibilización a la población y tomadores de decisión, harán posible prevenir su impacto negativo a la salud humana, animal y ambiental.

## Referencias Bibliográficas:

1. Molica, R.J.R. and S.M.F.O. Azevedo, *Ecofisiología de cianobacterias productoras de cianotoxinas*. Oecologia Brasiliensis, 2009. **13**(2) .
2. Cloern, J.E. and A.D. Jassby, *Complex seasonal patterns of primary producers at the land-sea interface*. Ecology Letters, 2008. **11**: p. 1294-1303.
3. Tango, P.J. and W. Butler, *Cyanotoxins in tidal waters of Chesapeake Bay*. Northeastern Naturalist, 2008. **15**(3): p. 403-416.
4. Ferrao-Filho, A.d.S., et al., *Biomonitoring of cyanotoxins in two tropical reservoirs by cladoceran toxicity bioassays*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2009. **72**(2): p. 479-89.
5. Forján, E., et al., *Cianoalerta: estrategia para predecir el desarrollo de cianobacterias tóxicas en embalses*. Ecosistemas, 2008. **17**(1 ): p. 37-45.
6. Gómez, L.M., 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).
7. Briand, E., et al., *Competition between microcystin- and non-microcystin-producing *Planktothrix agardhii* (cyanobacteria) strains under different environmental conditions*. Environmental Microbiology, 2008. **10**(12): p. 3337-3348.
8. Gérard, C., et al., *Influence of toxic cyanobacteria on community structure and microcystin accumulation of freshwater molluscs*. Environmental Pollution, 2009(157): p. 609–617.
9. Jiang, Y., et al., *Statistical study on the effects of environmental factors on the growth and microcystins production of bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa**. Harmful Algae, 2008(7): p. 127-136.
- 10.32. Authority, E.F.S., *Results of the monitoring of non dioxin-like PCBs in food and feed*. EFSA 2010. **8**(7): p. 35.
- 11.Green, F. *Campos electromagnéticos*. Hechos sobre la salud y el medioambiente 2009 2010 [cited 2011]; Available from: <http://copublications.greenfacts.org/es/campos-electromagneticos/index.htm>.
- 12.Arce, O., *Eutrofización de cuerpos de agua* Química del agua, 2006. **29**: p. 30.
- 13.Campos, V., et al., *Péptidos tóxicos y no tóxicos de cianobacterias en cuerpos de agua dulce de la V Región, Chile*. Boletín Micológico, 2007. **22**: p. 95-100.
- 14.WHO, *Water for health: WHO Guidelines for drinking-water quality*. Vol. 1. 2010, Geneva: World Health Organization.
- 15.DPI, *Recognizing access to clean water, sanitation as human right, by recorded vote of 122 in favour, none against, 41 abstentions, in Sixty-fourth General Assembly Plenary.108th Meeting (AM)*, D.o.P. Information, Editor. 2010: New York.
- 16.CITMA, *Estrategia Ambiental Nacional para el Período 2007-2010*, in No. 30, G.O.d.I.R.d. Cuba, Editor. 2007: 18 de abril de 2007.
- 17.UCCUAM, *Cianotoxinas en aguas españolas*, in *Unidad de Cultura Científica de la Universidad Autónoma de Madrid*. 2008, UAM: Madrid.

18. IF-BRASCUB-200405-16, *Vigilância em Saúde Ambiental in Informe Final del Proyecto CTP 2004*, OPS: Brasil/ Cuba.
19. ADWG, *Australian Drinking Water Guidelines*. National Water Quality Management Strategy, ed. N.H.a.M.C.a.t.A.a.R.M.C.o.A.a.N. Zealand. 1996: Commonwealth of Australia.
20. Government, N.Z. *New Zealand Guidelines for cyanobacteria in recreational fresh waters. Part I: The Framework for Monitoring Recreational Water Quality*. 2011 [cited; Available from: <http://www.mfe.govt.nz/publications/water/guidelines-for-cyanobacteria/index.html>].
21. Canada, H. *Cyanobacterial Toxins-Microcystin-LR*. Annex A: Stepwise protocol for microcystin-LR in water supplies used for human consumption 2008 2008-10-06 [cited 2011 12 marzo].
22. Demirbas, A., *Production of biodiesel from algae oils*. Energy Sources Part A: Recovery, Utilization & Environmental Effects, 2009. **31**(2): p. 163-168.
23. Gouveia, L. and A.C. Oliveira, *Microalgae as a raw material for biofuels production*. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2009. **36**(2): p. 269-274.
24. Hankamer, B., et al., *Photosynthetic biomass and H<sub>2</sub> production by green algae: from bioengineering to bioreactor scale-up*. Physiologia Plantarum, 2007. **131**(1): p. 10-21.
25. Li, X., H. Xu, and Q. Wu, *Large-scale biodiesel production from microalga Chlorella protothecoides through heterotrophic cultivation in bioreactors*. Biotechnology & Bioengineering, 2007. **98**(4): p. 764-771.
26. Miao, X. and Q. Wu, *Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil*. Bioresource Technology, 2006. **97**(6): p. 841-846.
27. Wei, X., et al., *High-density fermentation of microalga Chlorella protothecoides in bioreactor for microbio-diesel production*. Applied Microbiology & Biotechnology, 2008. **78**(1): p. 29-36.
28. Donato, N., et al., *Uso da Spirulina platensis na recuperacao de ratos submetidos a dieta de restricao proteica*. Revista del Instituto "Adolfo Lutz", 2010. **69**(1): p. 69-77.
29. El-Bestawy, E., *Treatment of mixed domestic-industrial wastewater using cyanobacteria*. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2008. **35**(11): p. 1503-1516.
30. Berry, J.P., et al., *Cyanobacterial toxins as allelochemicals with potential applications as algaecides, herbicides and insecticides*. Marine Drugs, 2008. **6**(2): p. 117-46.
31. Campos, A. and V. Vasconcelos, *Molecular mechanisms of microcystin toxicity in animal cells*. International journal of molecular sciences, 2010. **11**(1): p. 268-87.
32. Briand, E., et al., *Temporal variations in the dynamics of potentially microcystin-producing strains in a bloom-forming Planktothrix agardhii (Cyanobacterium) population*. Applied and environmental microbiology, 2008. **74**(12): p. 3839-48.
33. Chellappa, N.T., J.M. Borba, and O. Rocha, *Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil*. Brazilian Journal of Biology, 2008. **68**(3): p. 477-494.

34. Chen, J., et al., *Degradation of microcystin-LR and RR by a Stenotrophomonas sp. strain EMS isolated from Lake Taihu, China*. International Journal of Molecular Sciences, 2010. **11**(3): p. 896-911.
35. Ballot, A., J. Fastner, and C. Wiedner, *Paralytic shellfish poisoning toxin-producing cyanobacterium Aphanizomenon gracile in northeast Germany*. Applied and environmental microbiology, 2010. **76**(4): p. 1173-80.
36. Coulliette, A.D., et al., *Evaluation of a new disinfection approach: efficacy of chlorine and bromine halogenated contact disinfection for reduction of viruses and microcystin toxin*. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 2010. **82**(2): p. 279-88.
37. Bittencourt-Oliveira, M.C., D.M.S. Santos, and N.A. Moura, *Toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using a molecular method*. Brazilian Journal of Biology, 2010. **70**(4): p. 1005-1010.
38. Junta de Andalucía, U. *Observatorio de Salud y medioambiente de la Junta de Andalucía (Toxinología)*. 2011 [cited 2011 enero 31]; Available from: <http://www.osman.es/>.
39. Frazao, B., R. Martins, and V. Vasconcelos, *Are known cyanotoxins involved in the toxicity of picoplanktonic and filamentous North Atlantic marine cyanobacteria?* Marine Drugs, 2010. **8**(6): p. 1908-19.
40. Feurstein, D., et al., *Investigation of microcystin congener-dependent uptake into primary murine neurons*. Environmental health perspectives, 2010. **118**(10): p. 1370-5.
41. Miller, M.A., et al., *Evidence for a novel marine harmful algal bloom: cyanotoxin (microcystin) transfer from land to sea otters*. PLoS ONE 2010. **5**(9): p. e12576.
42. Green, F. *Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (CCRERRI)*. Hechos sobre la salud y el medio ambiente 2010 [cited 2011 3 marzo].