



Ministerio de
Salud

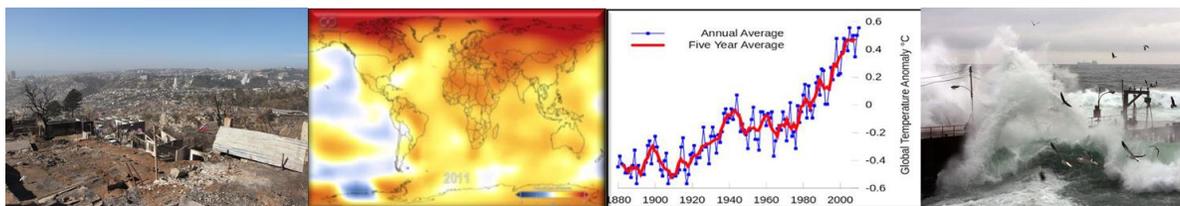
Gobierno de Chile

JORNADA CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD
SERVICIO DE SALUD COQUIMBO
La Serena, 28 y 29 de agosto de 2019



FAN

FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS



Ing. Julio Monreal
Coordinador Ejecutivo

Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector salud
Departamento Gestión del Riesgo en Emergencia y Desastres
Ministerio de Salud de Chile



Florecimientos algales nocivos en aguas costeras

- Los fenómenos de Marea Roja han sido observados en el mundo desde hace siglos.
- En Chile, desde 1970 a la fecha, se han ido sucediendo eventos con mayor frecuencia y extensión, tanto de toxina diarreica, amnésica y paralizante.
- Las regiones más afectadas han sido Los Lagos, Aysén y Magallanes, pero también hemos tenido eventos intermitentes en el norte del país.

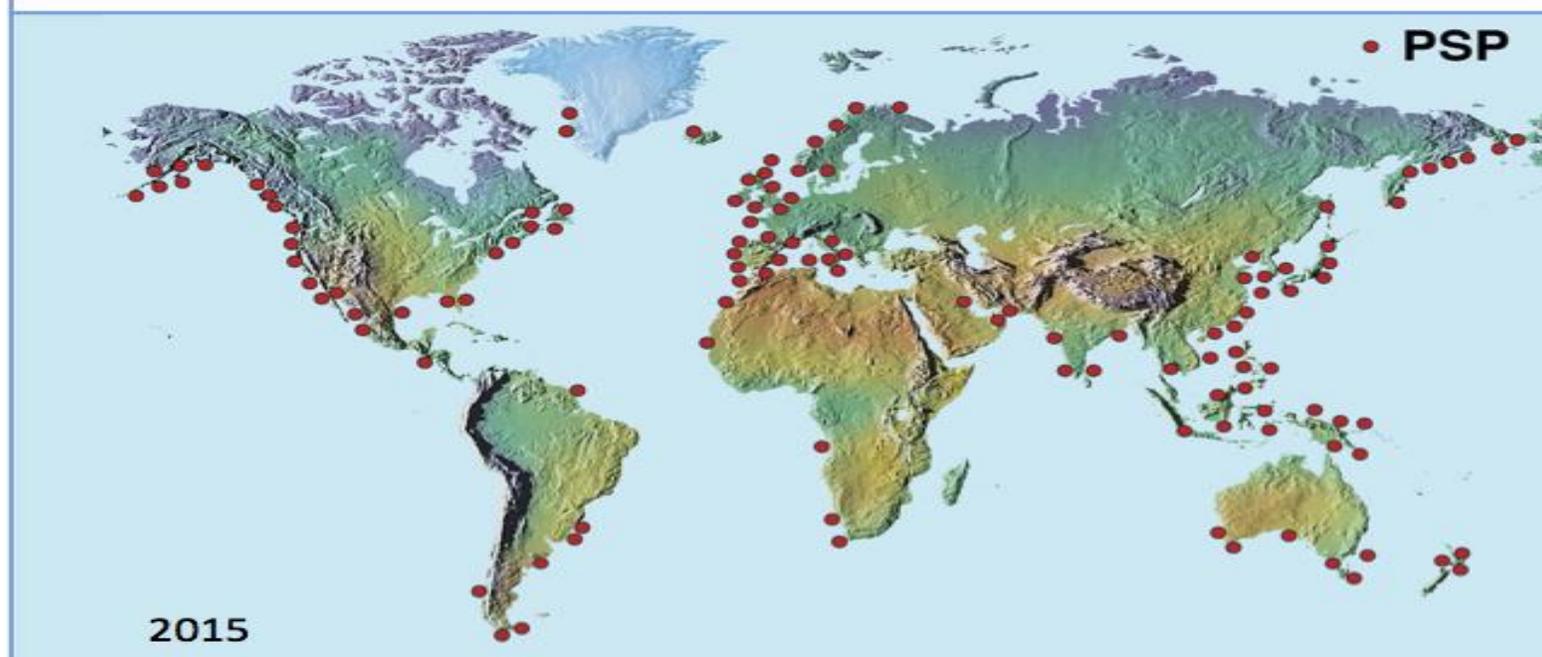
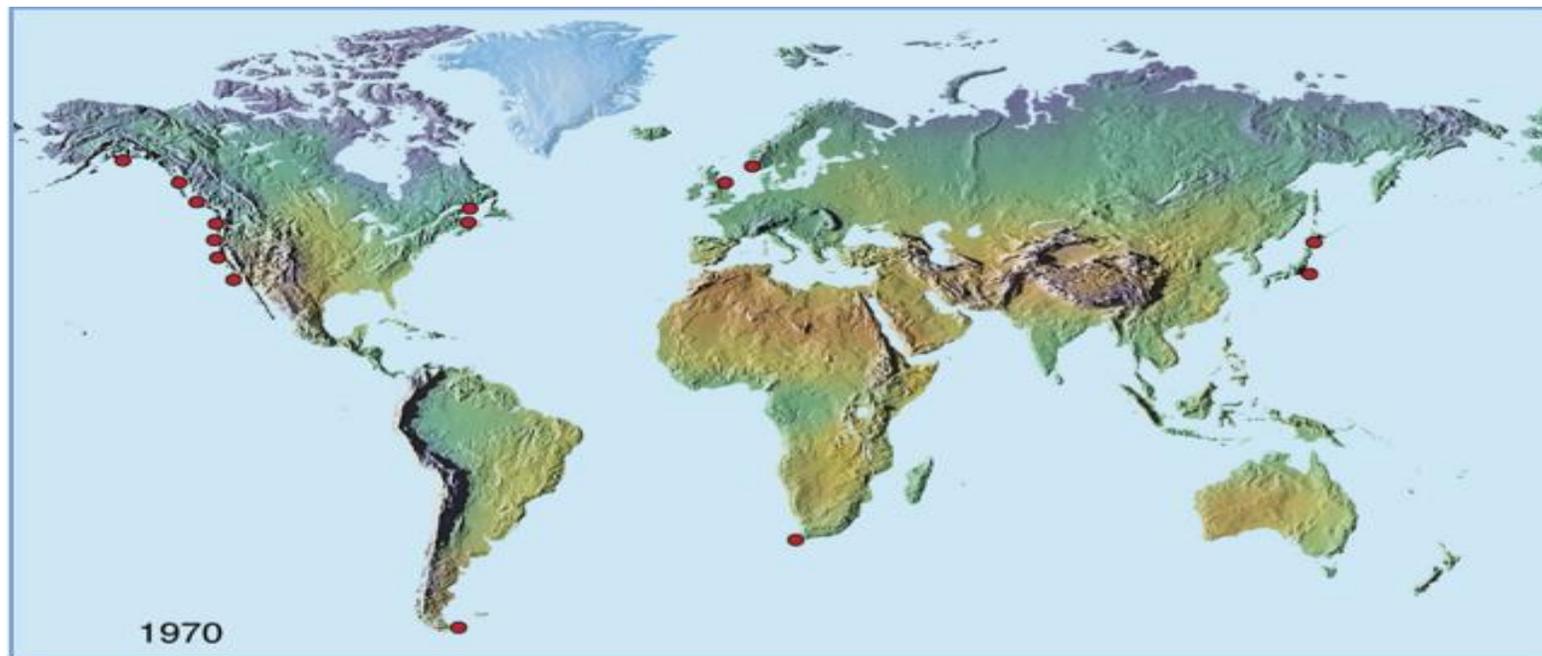


DEFINICIÓN

- Se denomina como “Floración de Algas Nocivas” (FAN) a cualquier proliferación de microalgas (independientemente de su concentración) percibida como un daño por su impacto negativo en la salud pública, la acuicultura, el medio ambiente y las actividades recreativas.
- Estos fenómenos algales corresponden a proliferación del fitoplancton (microalgas) que producen distintas toxinas termoestables: diarreica (VDM), amnésica (VAM) y paralizante (VPM).
- Estas toxinas son acumuladas por recursos marinos, principalmente moluscos bivalvos filtradores (tales como choritos, almejas, machas), que se alimentan de fitoplancton. Excepcionalmente se acumulan en algas y piures.
- Estas toxinas afectan al ser humano y a los animales con distintas manifestaciones (diarrea, parálisis, parestesias, muerte, entre otros).



Varazón de machas en la Región de Los Lagos, durante el episodio de mayo 2016



DISTRIBUCIÓN DE TOXINAS MARINAS DETECTADAS EN CHILE

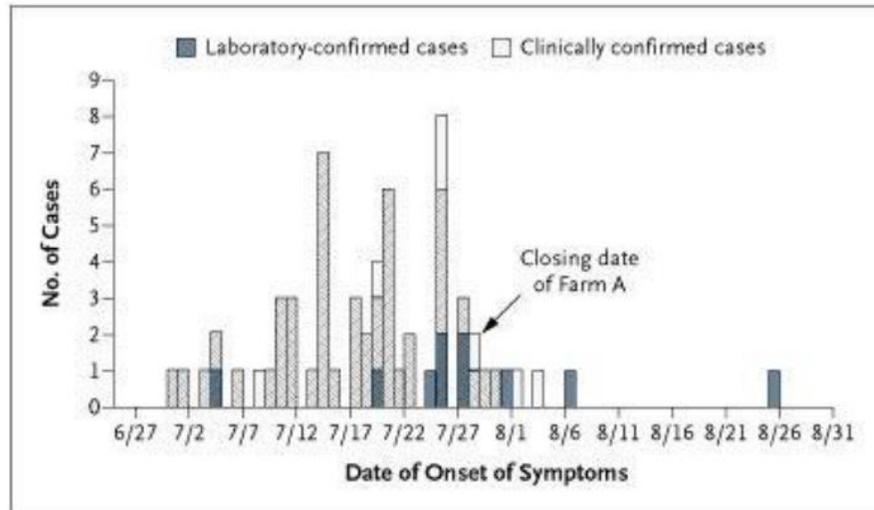
Laboratorios de marea roja:

- Región de Coquimbo
- Región de Valparaíso
- Región de Los Lagos (P.Montt,Quellon y Castro)
- Región de Aysén
- Región de Magallanes (P.Natales y Porvenir)
- ISP

- Veneno amnésico
- Veneno diarreico
- Veneno paralizante



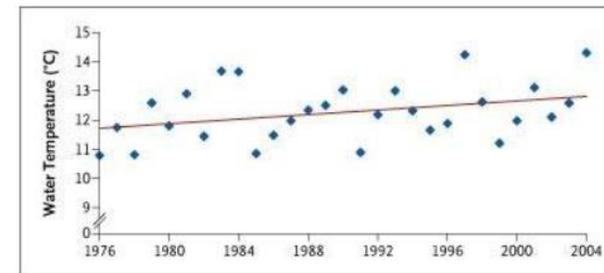
Casos de gastroenteritis causada por *Vibrio parahaemolyticus* en Alaska según fecha de ocurrencia. 2004.



McLaughlin, J. B. et al., N Engl J Med. 2005.

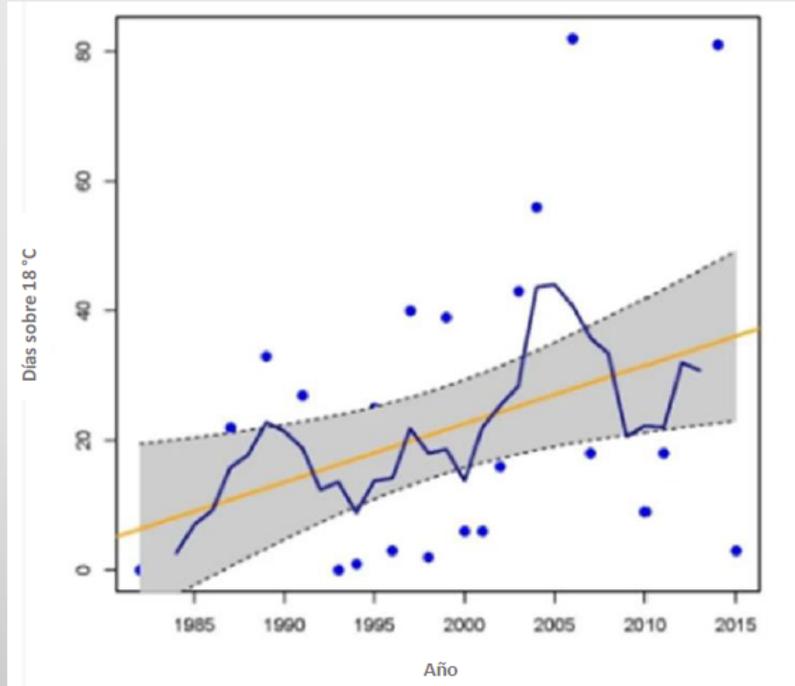
Esta investigación extiende por 1.000 km la fuente de ostras más septentrionalmente documentada que causó enfermedades por *V. parahaemolyticus*.

Las crecientes temperaturas del agua del océano parecen haber contribuido a uno de los mayores brotes conocidos de *V. parahaemolyticus* en los Estados Unidos.



Temperaturas medias de la superficie del agua en julio y agosto en el Golfo de Alaska, 1976 a 2004.

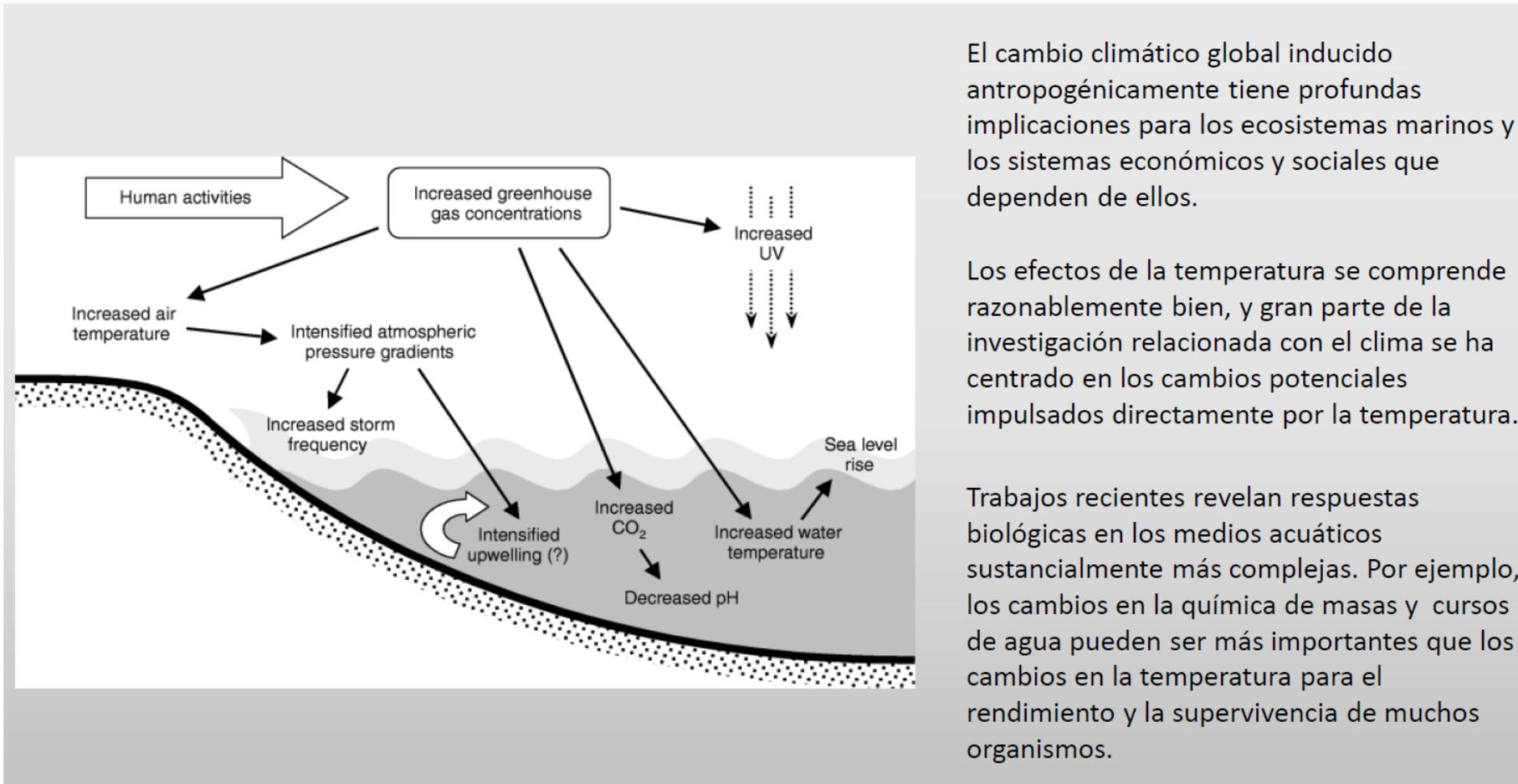
Infecciones por *Vibrio parahaemolyticus*



Universidad de Santiago, Centro de Ciencias del Medio Ambiente, Pesca y Acuicultura en Weymouth (Reino Unido), Consellería de Sanidad y el sector productor, 2015,

La infección por *Vibrio parahaemolyticus* es una importante causa bacteriológica de enfermedades asociadas con el consumo de mariscos en todo el mundo.

Si bien esporádica en Europa, existen zonas, como el caso de Galicia, considerado una anomalía dentro del contexto epidemiológico de esta bacteria en Europa, donde las infecciones por esta causa surgieron abruptamente a finales del siglo pasado y que ahora asocian con el aumento de la temperatura de la superficie del mar en las zonas costeras



El cambio climático global inducido antropogénicamente tiene profundas implicaciones para los ecosistemas marinos y los sistemas económicos y sociales que dependen de ellos.

Los efectos de la temperatura se comprende razonablemente bien, y gran parte de la investigación relacionada con el clima se ha centrado en los cambios potenciales impulsados directamente por la temperatura.

Trabajos recientes revelan respuestas biológicas en los medios acuáticos sustancialmente más complejas. Por ejemplo, los cambios en la química de masas y cursos de agua pueden ser más importantes que los cambios en la temperatura para el rendimiento y la supervivencia de muchos organismos.

Florecimientos algales nocivos en aguas continentales

Los florecimientos algales nocivos en aguas continentales son un problema emergente de salud pública. Si bien se han descrito episodios atribuibles a FAN en aguas dulces a lo largo de la historia, es en las últimas décadas se ha podido documentar su importancia en salud pública y en la actividad económica. En el último decenio se han producido florecimientos algales nocivos en aguas continentales, algunos de los cuales han tenido graves consecuencias, como el brote ocurrido en Brasil, cuando una represa recién inundada desarrolló una inmensa floración de cianobacterias y hubo ochenta y ocho muertes, en su mayoría niños, (Teixera et al., 1993).

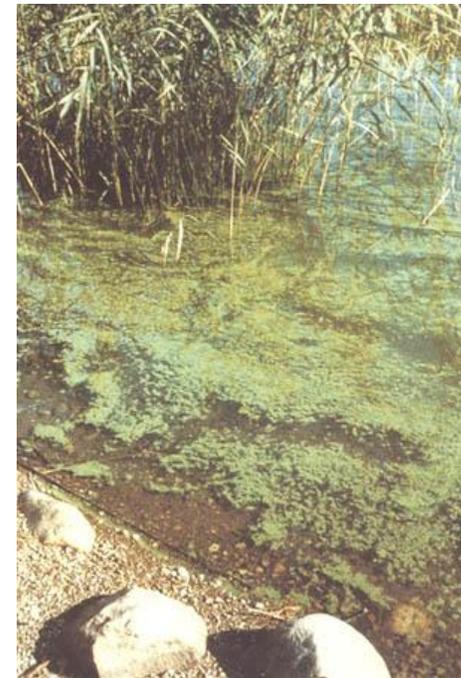
Hace unos 1,000 años, el general chino Zhu Ge-Ling, mientras realizaba una campaña militar en el sur de China, informó que perdió tropas por envenenamientos mientras cruzaba un río. Informó que el río era de color verde en ese momento y que sus tropas bebían del agua verde (Shun Zhang Yu, Com. Pers.).



La preocupación por la salud pública con respecto a las cianobacterias se centra en la capacidad de muchas especies y cepas de estos organismos para producir cianotoxinas.

Las cianotoxinas pueden causar enfermedades transmitidas por el agua cuando son ingeridas y enfermedades relacionadas con el contacto con el agua, principalmente a través de la exposición recreativa.

En hospitales y clínicas, la exposición a través de inyecciones intravenosas ha dado lugar a muertes humanas por cianotoxinas.





Los problemas asociados con las cianobacterias aumentan en áreas que experimentan crecimiento de la población con una falta de tratamiento de aguas residuales concomitante y en regiones con prácticas agrícolas que causan la introducción de nutrientes a los cuerpos de agua a través de la fertilización excesiva y la erosión.

Los mecanismos de toxicidad de cianobacterias son muy diversos y van desde efectos hepatotóxicos, neurotóxicos y dermatotóxicos hasta la inhibición general de la síntesis de proteínas.

Las cianotoxinas se dividen en tres grandes grupos de estructura química:

- péptidos cíclicos
- alcaloides
- lipopolisacáridos (LPS).

Péptidos cíclicos hepatotóxicos: microcistinas y nodularinas.

Las toxinas peptídicas cíclicas de la familia de las microcistinas y nodularinas. Son las que se encuentran con mayor frecuencia en las floraciones de aguas dulces y salobres. En los bioensayos en ratones las hepatotoxinas cianobacterianas (toxinas hepáticas) causan la muerte por hemorragia hepática a las pocas horas de las dosis agudas.

Alcaloides neurotóxicos: anatoxinas y saxitoxinas.

Se han notificado casos masivos de cianobacterias neurotóxicas en América del Norte, Europa y Australia, donde han causado intoxicaciones animales. En los bioensayos en ratones, la muerte por paro respiratorio ocurre rápidamente.

Alcaloides dermatotóxicos: aplysiatoxinas y lyngbyatoxin.

Pueden causar dermatitis severa entre los nadadores en contacto con los filamentos e irritaciones y alergias en humanos y mamíferos.

Características generales de las cianotoxinas.

Toxin group ¹	Primary target organ in mammals	Cyanobacterial genera ²
<i>Cyclic peptides</i>		
Microcystins	Liver	<i>Microcystis, Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Nostoc, Hapalosiphon, Anabaenopsis</i>
Nodularin	Liver	<i>Nodularia</i>
<i>Alkaloids</i>		
Anatoxin-a	Nerve synapse	<i>Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Aphanizomenon</i>
Anatoxin-a(S)	Nerve synapse	<i>Anabaena</i>
Aplysiatoxins	Skin	<i>Lyngbya, Schizothrix, Planktothrix (Oscillatoria)</i>
Cylindrospermopsins	Liver ³	<i>Cylindrospermopsis, Aphanizomenon, Umezakia</i>
Lyngbyatoxin-a	Skin, gastro-intestinal tract	<i>Lyngbya</i>
Saxitoxins	Nerve axons	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Cylindrospermopsis</i>
<i>Lipopolysaccharides (LPS)</i>	Potential irritant; affects any exposed tissue	All

Las floraciones de algas nocivas necesitan:

- Luz de sol
- Agua de movimiento lento
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo)



La contaminación de nutrientes causada por las actividades humanas empeora el problema, dando lugar a floraciones más severas que ocurren con mayor frecuencia.



Florecimientos algales nocivos en aguas continentales

Los florecimientos algales nocivos en aguas continentales son un problema emergente de salud pública.

En las últimas décadas se ha podido documentar su importancia en salud pública y en la actividad económica.

En el último decenio se han producido florecimientos algales nocivos en aguas continentales, algunos de los cuales han tenido graves consecuencias para la salud.



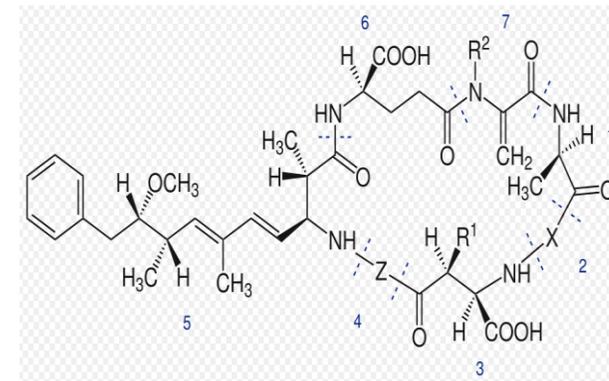
Mortalidad asociada a algunos episodios de FAN

- Brasil. Una represa recién inundada desarrolló una enorme floración de cianobacterias. (Teixera et al., 1993):
88 muertes, en su mayoría niños.
- Australia. La proliferación de cianobacterias en un reservorio de agua potable que fue luego tratado con sulfato de cobre (Byth, 1980):
140 niños y 10 adultos hospitalizados con hepatoenteritis severa.
- Brasil. (Jochimsen et al., 1998)
47 muertes por diálisis con agua contaminada con cianotoxinas.



Daños a la largo plazo

- Exposiciones cortas a cianotoxinas pueden dar origen a daños a la salud a largo plazo y la exposición crónica a bajas concentraciones puede causar efectos adversos severos a la salud
- La incidencia de carcinoma hepatocelular humano en China es una de las más altas del mundo, y los estudios han explorado si las toxinas de cianobacterias son parte de un complejo de factores de riesgo que aumentan la incidencia de esta enfermedad.
- Se ha propuesto que las microcistinas en el agua potable son responsables de la mayor incidencia de cáncer entre los consumidores de agua de estanques y zanjas (Yu, 1989, 1995).



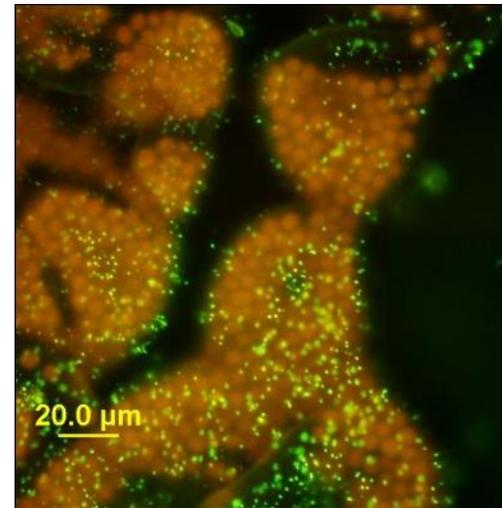
Daños a la salud por exposición recreacional

- El contacto aún leve con cianobacterias durante el baño puede dar lugar a irritación cutánea y síntomas gastrointestinales. (Pilotto et al., 1997).
- La sensibilidad individual a las cianobacterias en aguas recreacionales varía grandemente debido a que pueden darse simultáneamente reacciones alérgicas y respuestas directas a las toxinas.
- Los pigmentos de las cianobacterias pueden causar reacciones alérgicas severas en individuos sensibles. (Cohen and Reif, 1953).



En los diversos incidentes reportados de intoxicación en seres humanos y ganado causados por cianobacterias o sus toxinas, el organismo más frecuentemente citado es *Microcystis*.

Las toxinas de cianobacterias más difundidas son microcistinas y neurotoxinas



- *Microcystis aeruginosa*
- *Microcystis argentea*
- *Microcystis botrys*
- *Microcystis elongata*
- *Microcystis flos-aquae*
- *Microcystis salina*
- *Microcystis thermalis*
- *Microcystis viridis*
- *Microcystis wesenbergii*
- *Microcystis holsatica*
- *Microcystis lutescens*
- *Microcystis marina*
- *Microcystis pallida*
- *Microcystis panniformis*

- La toxicidad de la microcistina es acumulativa:

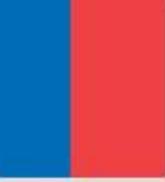
Estudios han mostrado que una única dosis oral de microcistina no genera un aumento del peso del hígado (que es una medida del daño hepático), mientras que la misma dosis aplicada diariamente durante siete días es capaz de causar un aumento del peso del hígado (aprox. 84%) equivalente al efecto de una sola dosis oral 16 veces más grande.

Las curvas dosis-respuesta agudas para las microcistinas son abruptas. Por lo tanto, puede producirse solo un pequeño daño agudo hasta que se alcancen niveles cercanos a la toxicidad aguda grave.

Como resultado de la falta de síntomas aparentes a una exposición moderada, es probable que la exposición continúe por personas que no están informadas del riesgo (por ejemplo, durante días consecutivos de vacaciones o un período de calor), lo que aumentará el riesgo de daño hepático acumulativo.



Las cianotoxinas se producen y quedan contenidas dentro de las células de cianobacterias en crecimiento activo (es decir, son intracelulares o en partículas). La liberación al agua circundante, para formar toxina disuelta, parece ocurrir principalmente, si no exclusivamente, durante la senescencia celular, muerte y lisis, en lugar de por excreción continua.



Las microcistinas son extremadamente estables y resistentes a la hidrólisis química u oxidación a un pH casi neutro.

Las microcistinas y la nodularina siguen siendo potentes incluso después de la ebullición.

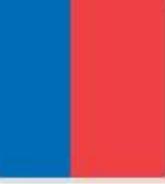
En aguas naturales y en la oscuridad, las microcistinas pueden persistir durante meses o años.

A altas temperaturas (40 ° C) y a un pH elevado o bajo, se ha observado una hidrólisis lenta, y los tiempos para lograr una descomposición mayor del 90% son aproximadamente de 10 semanas a pH 1 y mayores de 12 semanas a pH 9 (Harada et al. al., 1996).

Las microcistinas pueden ser oxidadas por el ozono y otros agentes oxidantes fuertes, y degradadas por la intensa luz ultravioleta (UV). Estos procesos tienen relevancia para el tratamiento del agua, aunque es poco probable que contribuyan a la degradación que se produce en el entorno natural.



- 
- Actualmente existen métodos de análisis químico, eficaces y comercialmente disponibles, para para la detección de las cianotoxinas más importantes (por ejemplo, microcistinas y saxitoxinas).
 - Esto abre posibilidades reales para los programas de monitoreo dirigidos a la evaluación del riesgo, así como para la vigilancia regular (Chorus & Bartram, 1999).



- La mayoría de los casos documentados de lesiones humanas causadas por cianotoxinas implican exposición a través del agua potable y demuestran que las personas se enfermaron, en algunos casos seriamente, por ingestión o aspiración de cianobacterias tóxicas.

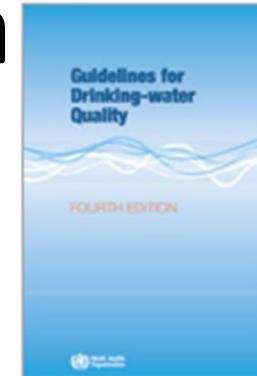
“El bajo número de casos notificados puede deberse a la falta de conocimiento sobre la toxicidad de las cianobacterias.

Ni los pacientes ni los médicos asocian los síntomas con esta causa.”

Guidelines for safe recreational water environments
Volume 1: Coastal and Fresh Waters. OMS, 2003.



Guías para la Calidad del Agua Potable OMS. 4ta. Edición. Cianobacterias tóxicas



Efectos sobre la salud humana

Muchas cianobacterias producen toxinas potentes. Cada toxina tiene propiedades específicas, con distintos efectos incluyendo daño hepático, neurotoxicidad y promoción de tumores. Los síntomas agudos reportados después de la exposición incluyen trastornos gastrointestinales, fiebre e irritaciones de la piel, oídos, ojos, garganta y vías respiratorias.

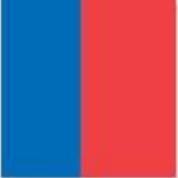
Las cianobacterias no se multiplican en el cuerpo humano y por lo tanto no son infecciosas.



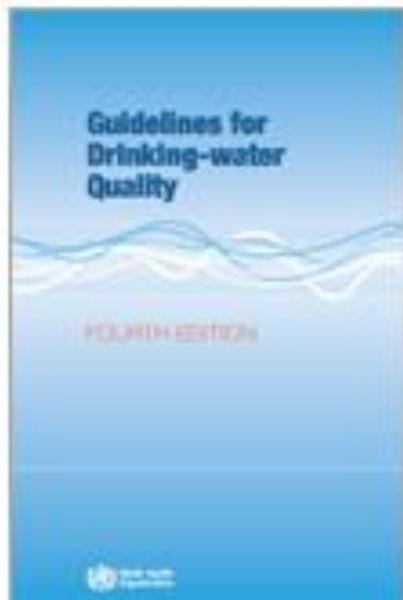
Guías para la Calidad del Agua Potable OMS. 4ta. Edición.

Los posibles riesgos para salud surgen de la exposición a las cianotoxinas a través de la ingestión de agua potable, durante la recreación, a través del baño y potencialmente a través del consumo de tabletas de suplementos alimentarios de algas.

La exposición repetida o crónica es la principal preocupación respecto de muchas de las cianotoxinas; En algunos casos, sin embargo, la toxicidad aguda es más importante (por ejemplo, las linfogatoxinas y las neurotoxinas saxitoxina y anatoxina).

- 
- Valor provisional microcistinas para el agua potable:
1 μg / litro para un consumo de por vida seguro.

(OMS, 1998)



**Toxic Cyanobacteria in Water:
A guide to their public health consequences,
monitoring and management**

by Ingrid Chorus and Jamie Bartram

London
Taylor & Francis Group

London and New York

Published 1999 by E & FN Spon, an imprint of Routledge
11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE

WHO

Printed and bound in Great Britain by
Routledge Press, Bury St Edmunds, Suffolk

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publishers.

The publisher makes no representation, express or implied, with regard to the accuracy of the information contained in this book and cannot accept any legal responsibility or liability for any errors or omissions that may be made.

British Library Cataloguing in Publication Data
A catalogue record for this book is available from the British Library

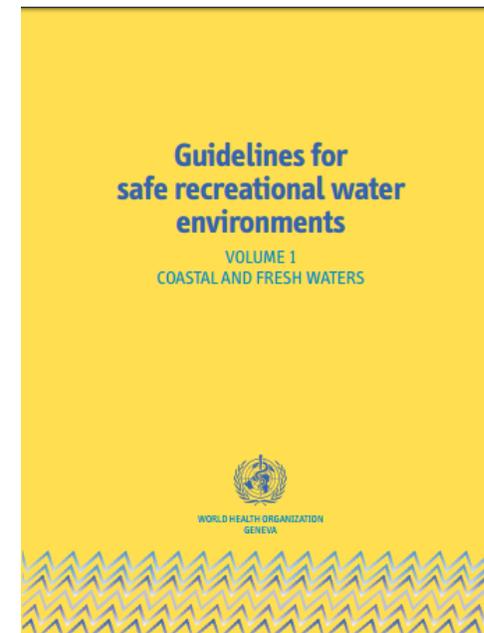
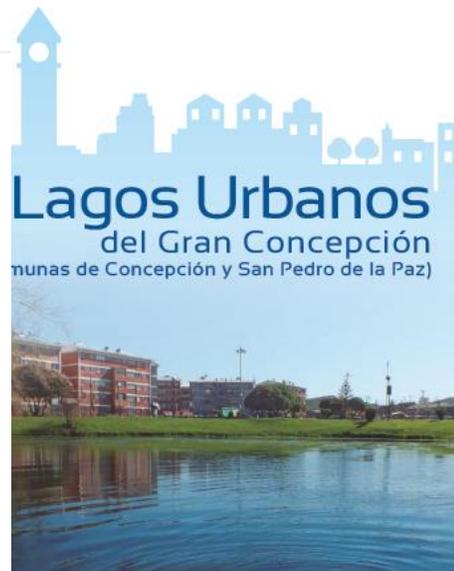
Library of Congress Cataloguing in Publication Data
A catalogue record for this book has been requested.

ISBN 0-419-23930-8

Also available from E & FN Spon

Agricultural Pollution
M. Redman

Determination of Organic Compounds in Natural and Treated Waters
T.R. Crompton



Muchas Gracias

Ing. Julio Monreal
julio.monreal@minsal.cl
Agosto, 2019