

Presentado en el "I CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA" 26 al 28
Abril 2006. Córdoba. Argentina

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL IMPACTO DE CYANOBACTERIAS TOXICAS EN LA SALUD DE POBLACIONES DEL PERILAGO

Ruibal Conti, A. L., Rodríguez M. I., Ruiz M. A., Crema N., Bustamante M. A., Angelaccio C. M.,
Instituto Nacional del Agua-Centro de la Región Semiárida
Ambrosio Olmos 1142
5000 Córdoba, Argentina

Aguilera, S.
Secretaría Salud Comuna San Roque

Abstract

San Roque Reservoir is located in the Province of Córdoba, Argentina. The eutrophic conditions of its water have caused cyanobacteria algae blooms which generate multiple problems such as adverse health effects which are one of the most important. Public health concern regarding cyanobacteria centers on the ability of many species and strains of these organisms to produce cyanotoxins. Algae toxic metabolites can cause short-term health effects (dermatitis and gastroenteritis) as well as more important acute and chronic health effects (e.g. hepatotoxic & neurotoxic effects and chronic liver injury).

Previous studies [1, 2] indicate that the cyanobacteria present in San Roque Reservoir produces toxins. The water of the reservoir is not only used for further purification and supply to Córdoba city but also for bathing, laundry and general cleaning of the people living on its shores. Due to the toxin concentration in water [3] and fish [4] is higher than the values suggested by WHO, it represents a risk for people that use lake water consequently it is important to investigate the degree of the risk for this particular area.

It is unlikely that an outbreak of illness can be associated to the presence of cyanobacteria unless a particular research has been carried out. Because of the extent to which cyanotoxins affect a human health depends on human exposure to these toxins, it is necessary to study the problem from different and simultaneous approaches.

This work corresponds to the initial phase of a project whose objective is to evaluate the risk and to propose risk management alternatives. Through a permanent monitoring and population surveys the project aims at identifying the hazard (presence and concentration of cyanotoxins), evaluating its spatial and temporal distribution as well as recognizing the exposure routes.

Microcystins, physico-chemical (pH, Temperature, DO, conductivity and nutrientes) and biological parameters (chlorophyll-a, phytoplankton and coliform bacteria) as well as population exposure were evaluated

Key words: water quality, cyanobacteria, cyanotoxins, public health, risk assessment.

Introducción

La calidad del agua del Embalse San Roque, ubicado en la Provincia de Córdoba, Argentina se encuentra deteriorada presentando condiciones eutróficas que han conducido al desarrollo masivo de algas verde-azuladas o cianobacterias. El crecimiento desmedido de éstas genera múltiples problemas siendo uno de los más graves el efecto sobre la salud pública debido a su capacidad de producir toxinas. Los metabolitos tóxicos producidos por las algas son causantes de problemas de salud leves y de corto plazo (dermatitis y alteraciones gastro-intestinales) hasta problemas de toxicidad más graves con efectos agudos y crónicos (hepatotóxico, neurotóxico y daño hepático crónico).

Estudios previos [1,2] indican que las algas presentes en el Embalse son productoras de toxinas. El agua del Embalse no sólo es usada para una posterior potabilización y abastecimiento a la ciudad de Córdoba, sino también para baño y usos de lavado general por pobladores ubicados en las costas del mismo. Debido a que las concentraciones de las toxinas en agua [3] y peces [4] superan los valores sugeridos por la OMS, éstas representan un riesgo real para la población que hace uso del agua, siendo necesario estudiar el grado del mismo para este ambiente en particular.

Es improbable que un brote de enfermedad se asocie a la presencia de cianobacterias en agua al menos que se realice una investigación particularizada. Cómo el grado del riesgo que las cianotoxinas poseen sobre la salud humana depende de la exposición de la población a las mismas, para evaluarlo se necesita

enfrentar el problema en varias etapas y desde variados y simultáneos enfoques.

El presente trabajo es la etapa inicial de un proyecto cuyo objetivo final es evaluar el riesgo y proponer alternativas para su manejo. A través de un monitoreo permanente y encuestas en la población tiene por objetivo identificar el peligro (cianotoxinas) estudiando, su presencia, concentración del mismo, su distribución espacio-temporal y las vías de exposición al mismo. Se evaluaron microcistinas totales, parámetros físico-químicos (pH, Temperatura, OD, conductividad y nutrientes) y biológicos (clorofila, identificación y cuantificación fitoplanctónica y coliformes totales y Fecales) así como la población expuesta.

Palabras claves: calidad de agua, cianobacterias, cianotoxinas, salud pública, evaluación de riesgo

Área de estudio

El Embalse San Roque (31° 22' S y 64° 27' O) se localiza en el Valle de Punilla a 600 m sobre el nivel del mar, entre las Sierras Grandes y las Sierras Chicas en la Provincia de Córdoba (Argentina). Es un cuerpo de agua artificial y fue erigido en 1888. A raíz de temores vinculados con la estabilidad de este primer muro, en 1944 se reemplazó por la presa actual de Hormigón y de tipo Gravedad, planta curva. El viejo paredón aún persiste y en época de estiaje puede percibirse el coronamiento del antiguo cierre. A nivel de cota de vertedero, la superficie del espejo de agua es de 16 Km², con un volumen máximo de 190 Hm³ y una profundidad media de 13 m. Las aguas del embalse tienen usos múltiples: riego, recreación, fuente de agua para potabilización y producción de energía.

En la costa sur del Embalse se asienta la ciudad de Villa Carlos Paz, una de las principales áreas de turismo en Argentina. El estudio se enfoca en una población cercana a dicha ciudad y ubicada a las orillas del paredón del Dique (Fig 1). Esta población pertenece jurisdiccionalmente a la Comuna San



Figura 1 Embalse San Roque. Área de Estudio

Roque y cuenta con una escuela rural y un precario centro de salud

La población estudiada carece de servicio de agua potable y hace uso del agua del lago para fines domésticos (higiene personal y doméstica). El agua para consumo es extraída de un sitio denominado por los lugareños como “vertiente” o bien es en ocasiones comprada. Recientemente la zona cuenta con un tanque que se llena manualmente con agua potable traída de la planta de tratamiento más cercana.

Material y Método

Para evaluar la exposición a cianobacterias se tomaron muestras mensuales superficiales de agua del Lago, del agua de “vertiente” y del agua usada por el establecimiento educativo, la cual es conducida desde el Lago a un tanque y de allí distribuida. El período de estudio abarcó 16 meses (agosto del 2004- nov-2005). En las mismas se analizó fitoplancton (cuantificación y composición), microcistinas totales, Coliformes (totales y fecales), bacterias heterótrofas aerobias y *E. Coli* presuntiva.

El análisis de fitoplancton se realizó por sedimentación y lectura en cámara de Fush Rosenthal. El análisis de microcistinas se realizó por ensayo inmuno-enzimático (Kit ELISA, Envirologix USA) y el microbiológico por Tubos Múltiples para coliformes [5], presencia presuntiva en agar Levine para *E. Coli*.

Para estimar el impacto en la salud se está trabajando con el Centro de Salud de la zona y se realizan encuestas en las cuales se evalúa: tiempo de residencia en la zona, antecedentes de salud, hábitos alimenticios, disposición de excretas y residuos; así como el origen del agua para distintos usos a saber: consumo, lavado personal, lavado doméstico, riego de huertas y contacto recreativo directo (deporte acuático) o indirecto (ej: pesca)

Resultados y Discusión

El análisis de las muestras de agua indica que la población estaría altamente expuesta a los efectos perjudiciales de las cianobacterias. La Tabla I muestra un alto contenido cianobacterias en el Lago. Las mismas, están presentes en más de un 70% del total del fitoplancton y con concentraciones de células muy elevadas en la mayoría de los muestreos realizados. El uso recreativo de aguas con este contenido de algas conduce a irritación de la piel y altas probabilidades de síntomas gastrointestinales. Un estudio epidemiológico realizado por Pilotto y colaboradores [6], mostró que una elevada tasa de síntomas (irritación de ojos y oídos, prurito en la piel, vómitos, diarrea, síntomas gripales, úlceras bucales y fiebre) se observaron en personas que estuvieron en contacto con agua a concentraciones mayores de 5000 cel/ml durante una hora. Como se observa en la tabla los valores hallados en época estival superan ampliamente las 5000 cel/ml. Los efectos adversos generados por el uso recreativo de las algas

resultarían ser una combinación de efectos de metabolitos cianobacterianos y de bacterias asociadas [7]. El análisis semicuantitativo de microcistinas totales, indicó un rango de concentración entre no detectable y 3µg/l. Se considera que para que haya

problemas de salud asociados a las microcistinas en contacto recreativo la concentración de las mismas no debería exceder los 10 µg/l.

Tabla I Contenido de cianófitas en agua superficial del lago. (no: no observable)

Fecha	Fitoplancton total (cel/ml)	Cianófitas			
		(% del total de Fitoplancton)	cel/ml	<i>Anabaena</i> sp. (cel/ml)	<i>Microcystis</i> sp. (cel/ml)
30-Aug-04	58275	96.0	55956	10440	45516
21-Sep-04	12908	95.5	12329	261	12068
19-Oct-04	26749	98.7	26405	896	25509
23-Nov-04	36424	96.7	35226	1820	33406
15-Dec-04	25938	88.4	22922	853	22069
18-Jan-05	5192	83.5	4336	527	3808
22-Feb-05	6982	69.1	4825	152	4673
29-Mar-05	2866	no	no	no	no
26-Apr-05	905	no	no	no	no

El análisis realizado en el agua que llega a la Escuela (Tabla II), muestra que el contenido de cianobacterias es inferior al de la superficie del Lago, probablemente porque la toma está en profundidad. Sin embargo, se observa que el porcentaje de dominancia de las cianobacterias y el número de células se mantiene elevado. Se observa la presencia del género *Chroococcus* y *Oscillatoria*, no observados en el agua de superficie. *Oscillatoria* tiene la particularidad de ser metalimnético razón por la cual podría no observarse en la muestra de superficie.

La encuesta realizada a la persona encargada de la preparación de la comida para los alumnos indica que el agua es usada sólo con fines de lavado de vajilla y en el depósito de los baños. El agua de consumo es comprada, extraída de la “vertiente” o agua potable proveniente del tanque comunitario. Sin embargo, existen dudas sobre el consumo o no de esta agua. Su uso doméstico produciría problemas de prurito en la piel e irritación de mucosas (ojos y oídos) pero su consumo sería altamente riesgoso para la población pues podrían estar ingiriendo microcistinas y/o neurotoxinas producidas por *Oscillatoria* sp y *Anabaena* sp .

Tabla II Contenido de cianófitas en el agua de la Escuela. (no: no observado; sd: sin dato)

Fecha	Fitoplancton total (cel/ml)	Cianófitas					
		(% del total de Fitoplancton)	cel/ml	<i>Anabaena</i> sp (cel/ml)	<i>Oscillatoria</i> sp (cel/ml)	<i>Microcystis</i> sp (cel/ml)	<i>Chroococcus</i> sp (cel/ml)
Jul-04	10800	59.3	6400	750	no	5650	no
Aug-04	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Sep-04	1901	99.3	1888	no	no	1888	no
Nov-04	41475	98.7	40950	7350	no	33600	no
Dec-04	1016	84.1	854	41	no	813	no
Jan-05	113	33.6	38	no	no	38	no
Feb-05	3291	99.1	3263	no	no	3263	no
Mar-05	1297	92.8	1203	no	781	422	no
Apr-05	11375	95.4	10851	2188	no	8663	no
May-05	14175	77.2	10938	10588	no	350	no
Jun-05	2356	no	no	no	no	no	no
Jul-05	1388	5.4	75	75	no	no	no
Aug-05	6722	2.9	197	113	no	84	no
Sep-05	734	no	172	172	no	no	no
Oct-05	1500	28.3	425	394	no	no	31.0
Nov-05	7562	98.3	7437	7312	no	125	no

De todas las cianotoxinas actualmente conocidas, los péptidos cíclicos (microcistinas y nodularinas) representan la mayor preocupación debido al potencial riesgo en exposiciones largas a bajas concentraciones de

la toxina [8]. La ingesta oral continua de animales de experimentación ha mostrado daño hepático crónico en los mismos. [9].

La Tabla III muestra el examen fitoplanctónico realizado al agua que consumen los lugareños. El mismo refleja la presencia de algas incluyendo cianobacterias. Los niveles hallados son muy bajos, no superan las 1000 cel/ml, sin embargo esto demuestra que el agua no provendría de vertiente sino que sería

una filtración del paredón del dique. En estas condiciones resulta de gran importancia medir las concentraciones de microcistinas ya que por su bajo peso molecular podrían pasar fácilmente.

Tabla III Contenido de cianófitas en el agua de la “Vertiente”. (no: no observado; sd: sin dato)

Fecha	Fitoplancton total (cel/ml)	Cianófitas				
		(% del total de Fitoplancton)	cel/ml	<i>Oscillatoria</i> sp (cel/ml)	<i>Microcystis</i> sp (cel/ml)	<i>Chroococcus</i> sp (cel/ml)
Aug-04	28	32.1	9	no	9	no
Sep-04	38	no	no	no	no	no
Oct-04	no	no	no	no	no	no
Nov-04	14	no	no	no	no	no
Dec-04	188	no	no	no	no	no
Jan-05	204	7.8	16	16	no	no
Feb-05	no	no	no	no	no	no
Mar-05	875	100.0	875	875	no	no
Apr-05	244	no	no	no	no	no
May-05	352	44.0	155	no	141	14
Jun-05	52	no	no	no	no	no
Jul-05	no	no	no	no	no	no
Aug-05	325	no	no	no	no	no
Sep-05	8	no	no	no	no	no
Oct-05	31	100.0	no	no	no	31
Nov-05	no	no	no	no	no	no

Una vez analizadas las vías de exposición se realizaron las encuestas en la población enfocándose en la presencia de síntomas gastrointestinales y reacciones alérgicas en la piel. Como los síntomas gastrointestinales se asocian a casuísticas variadas, también se analizó la presencia de indicadores de contaminación fecal en el agua para descartar o no agentes etiológicos microbianos.

Las Fig 2, 3 y 4 muestran los resultados obtenidos del examen microbiológico de las aguas de la Escuela, “Vertiente” y Tanque de distribución respectivamente.

Resulta claro que ninguna de las aguas es apta microbiológicamente para ser consumidas. El agua de la Escuela es la que presenta mayor contaminación, siguiendo la de la “Vertiente” y por último el agua del Tanque. Resulta extraño que el agua del tanque presente contaminación microbiológica. Esta situación quizás sea atribuible a bajas concentraciones de cloro residual y al transporte del agua desde la planta potabilizadora. Se observa también que las mayores concentraciones de coliformes totales y fecales se presentan en los meses más cálidos (Noviembre, Enero, febrero)

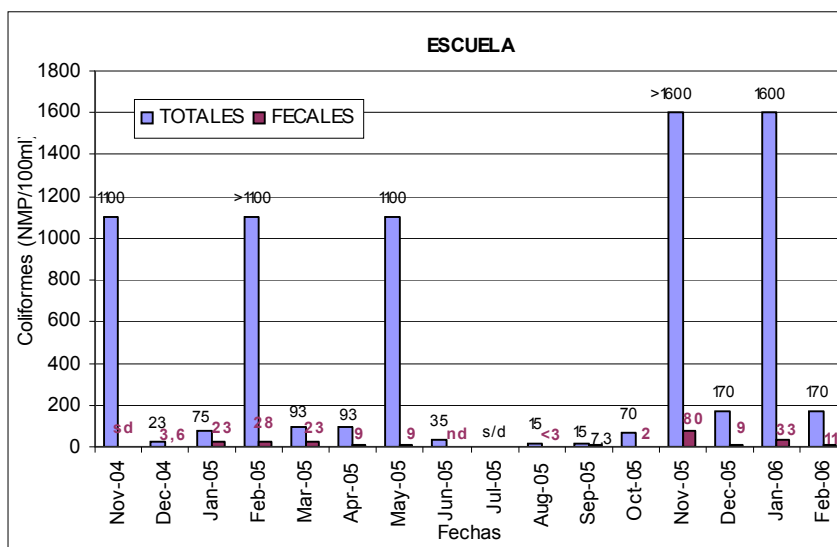


Fig 2 Coliformes fecales y totales en el agua de la Escuela (nd: no detectable. s/d: sin dato)

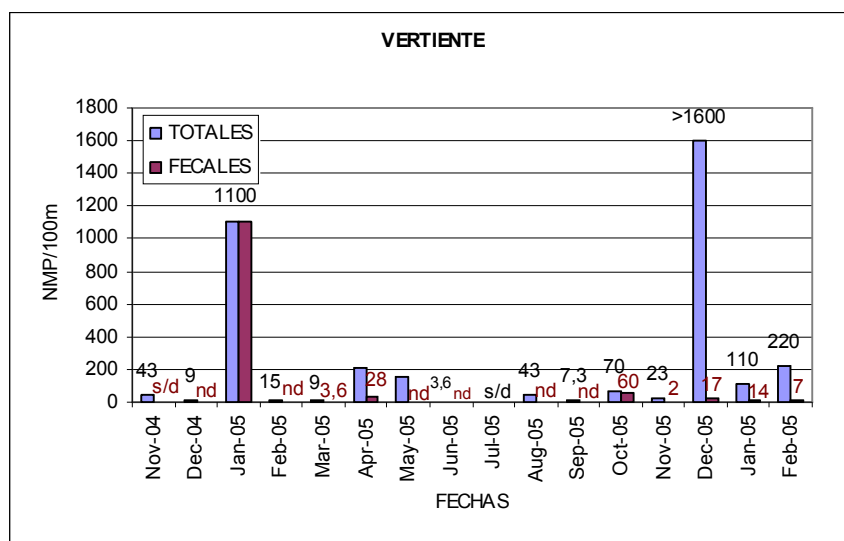


Fig 3 Coliformes totales y Fecales en el agua de “Vertiente” (nd: no detectable. s/d: sin dato)

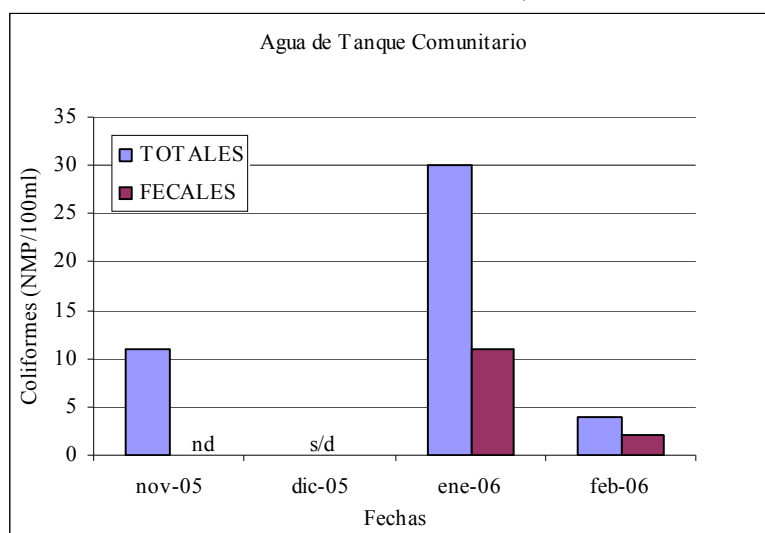


Fig4 Coliformes totales y Fecales en el agua del tanque comunitario (nd: no detectable. s/d: sin dato)

En relación a las personas expuestas, un censo preliminar indica que la población residente en la zona de estudio estaría constituida por 23 familias, siendo aproximadamente 104 personas. De las familias residentes, hasta el momento se han encuestado casi el 50% (11 familias) correspondiente a 42 personas. La tabla IV y V muestra el rango etario, sexo y profesión de los adultos encuestados.

Tabla IV Rango etario y sexo de los adultos encuestados

Rango	Varón	Mujer
21-30		2
31-40	1	4
41-50		2
51-60	1	1
61-70		1
>70		1

total	2	11
Porcentaje	15,40%	84,60%

El 40 % aproximadamente de los entrevistados mencionaron tener problemas de piel (descamación, ronchas, sarpullido, alergias en axilas y brazos) asociado al uso del agua (lavado de manos y ducha).

Tabla V Ocupación de los encuestados

Ocupación	N° de personas
ama de casa	5
Empleado	2
Jubilado	2
s/d	1
otros	3
subtotal	13

También existe un alto índice de trastornos gastrointestinales (náuseas, vómitos, cólicos y diarreas).

Estos últimos resulta difícil asociarlos a la presencia de cianobacterias pues el examen microbiológico del agua que consumen dio positivo a la presencia de coliformes totales y fecales.

A la escuela rural asisten 15 alumnos de las siguientes edades (Tabla VI).

Tabla VI Edades y número de alumnos que asisten a la Escuela local.

Edad	Cantidad
4	1
5	3
6	1
7	2
8	2
9	2
10	1
11	2
15	1
<u>Total</u>	15
<u>Varones</u>	8
<u>Mujeres</u>	7

Esta población es la más sensible a ser afectada pues no sólo consumen el agua de la zona, sino que durante la época estival suelen bañarse y jugar en la aguas del lago. Los niños son controlados anualmente por el médico del Centro de Salud. Según la ficha evolutiva de aptitud física del 2006 los mismos se encuentran en condiciones saludables.

Conclusiones

El presente trabajo indica que las algas y sus toxinas se encuentran en elevadas concentraciones en la superficie del embalse. También se observaron algas en el agua usada por las poblaciones para fines de higiene y para consumo. Las primeras encuestas en la población indicarían irritación y prurito en la piel asociado al uso del agua para la higiene personal. Existe también un alto índice de trastornos gastrointestinales, pero sus causas no se pueden asociar a la presencia de cianobacterias ya que el agua de la zona no cumple con las condiciones microbiológicas para ser consumida.

Como las cianotoxinas pueden producir efectos a largo plazo, los mismos deberán ser estudiados en profundidad valiéndose del dosaje de enzimas hepáticas en las personas expuestas.

El resultado del análisis de fitoplancton indica también la presencia de algas productoras de neurotoxinas por lo cual actualmente se están desarrollando los métodos analíticos para estudiar la presencia de la toxina.

El manejo del riesgo es una disciplina relativamente reciente, en la cual aún están ocurriendo cambios muy rápidamente. Varios de los modelos de esquemas de

manejo de riesgo necesitan información base sobre la cual tomar decisiones. El presente trabajo pretende contribuir en la información base, ausente hasta el momento, para establecer un futuro esquema de manejo del riesgo en la zona de estudio

Referencias

- [1] Ruibal Conti A.L., 2003. *Seasonal Variation of Microcystins in Argentinean Inland Waters*. pp 88. Tesis de Maestría. Universidad de Kyoto. Japón.
- [2] Ame V., 2003. *Microcistinas en el Embalse San Roque (Córdoba). Presencia, Ecotoxicidad, Regulación y Biodegradación*. Tesis doctoral. 144 pp. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- [3] Ruibal Conti, A.L.; Reguerira, M. & Guerrero, J.M. 2005, *Levels of microcystins in two reservoirs used for water supply and recreation: Differences in the implementation of safe levels*, *Environ Toxicol* 20: 263–269.
- [4] Cazenave J., Wunderlin D.A., Bistoni M A., Amé M.V, Krause E., Pflugmacher S., Wiegand C., *Uptake, tissue distribution and accumulation of microcystin-RR in Corydoras paleatus, Jenynsia multidentata and Odontesthes bonariensis. A field and laboratory study*. *Aquatic Toxicology* 75 (2005) 178–190
- [5] APHA, AWWA, WEA. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 20th Edition. 1998. 9221A,B & C
- [6] Pilotto, L.S., Douglas, R.m., Burch, M.d., Cameron, S.k Beers, M., Ruch, G.R. Rbinson, P., Kira, M., Cowie, c.t., Hardiman, S., Moore, C. and Attewell R.G. 1997 *Health effects of recreational exposure to cyanobacteria (blue-green-algae) during recreational water-related activities*. *Aust.N. Zeland J.Public Health*, 21, 562-566)
- [7] Falconer I. Bartram J, Chorus I. Kuiper-Goodman T., Utkilen H., Burch M. and Cood A. G.1999. Chapter 5: Safe levels and Safe Practices in Chorus, I and Bartram J. (Eds.). *Toxic cyanobacterias in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published on the behalf of WHO by E&FN Spon, London.
- [8] WHO,1999. Chorus, I and Bartram J. (Eds.). *Toxic cyanobacterias in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published on the behalf of WHO by E&FN Spon, London.
- [9] Kuiper-Goodman T, Falconer I and Fitzgerald J. 1999. Chapter 4: Human Health Aspects in Chorus, I and Bartram J. (Eds.). *Toxic cyanobacterias in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published on the behalf of WHO by E&FN Spon, London.

