

Cianobacterias potencialmente tóxicas en plantas de tratamiento de agua en Costa Rica

Mariano Peinador Brolatto

Laboratorio Control de Calidad, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 400 del Palacio Municipal, Tres Ríos, San José, Costa Rica.

(Rec. 21-IV-1993. Acep. 14-X-1993)

Abstract: A total of 336 samples were collected from seven Costa Rican water treatment plants during a ten month period. Fifty cyanobacteria species were isolated, 24 potential toxin producers. *Microcystis flos acuae*, *Phormidium retzii* (*Lyngbya retzii*) and *Oscillatoria subtilissima* occurred in 29.76% of the samples. Water treatment plants must be adapted to remove these toxins (only two had anthracite filtration).

Key words: Cyanobacteria, toxic algae, Cyanophyta, natural toxins, water treatment plants.

Ciertos florecimientos de cianobacterias (Cyanophyta) producen toxinas potencialmente letales, en el siglo pasado se escribió el primer reporte al respecto (Francis 1878). La ingestión de agua conteniendo esos organismos puede producir intoxicación y muerte de animales silvestres y domésticos; fenómeno ampliamente documentado en varias partes del mundo (Gorham *et al.* 1964, Carmichael *et al.* 1975, Bearly *et al.* 1983).

El mejor caso documentado en humanos ocurrió en Queensland, Australia, donde una comunidad de aborígenes bebió agua de un reservorio que contenía un florecimiento de *Microcystis aeruginosa* y 139 personas resultaron con hepatoenteritis (Bourke *et al.* 1983). Las verdaderas dimensiones de este problema son aún desconocidas, sin embargo, últimamente se le ha prestado más atención por:

- El progresivo aumento de la eutroficación provoca que los florecimientos sean más frecuentes (Repavich *et al.* 1990).

- Un mayor conocimiento de su alta patogenicidad y sintomatología.

Es indispensable que una institución dedicada a velar por la calidad sanitaria de las aguas para consumo humano, como lo es en Costa Rica Acueductos y Alcantarillados, tenga conocimiento y tome las medidas pertinentes sobre este potencial problema. Esta es la primera publicación que se realiza en Costa Rica sobre la presencia de cianobacterias tóxicas en plantas de tratamiento de agua potable.

MATERIAL Y METODOS

En siete plantas del área metropolitana (San José, Costa Rica) se recolectaron 336 muestras de agua entre febrero y diciembre de 1992 (Cuadro 1), utilizando recipientes de plástico blanco opaco. De cada planta se tomó una muestra a la entrada y otra de los filtros, y se transportó al laboratorio a temperatura ambiente. De cada muestra (tres a veinticuatro horas después de

recolectadas) se inoculó una alicuota de 5 cc en 20 ml de medio F modificado para agua dulce WC (Guillard 1976), incubando a temperatura ambiente y luz natural durante 22 días. Tras 15 a 22 días se utilizaron placas de Petri (22 X 100mm) con 25 ml de medio WC con Agar-Agar (1.2 a 1.5 %). Se usó cicloheximida (0.8 g/L) para reducir el crecimiento de hongos. En algunos casos se agregó al medio Tellurite Potásico (Rosowski *et al* 1970) para evitar el

crecimiento de diatomeas (Bacilliarophyceae). Posteriormente los cultivos se reinocularon en tubos con medio WC, repitiendo la secuencia de inoculaciones en plato y tubos hasta obtener cultivos uniespecíficos, se purificaron con ayuda de antibióticos. (Tatewak *et al.* 1964.).

De las especies aisladas (Cuadro 2), se escogieron tres que podían presentar toxicidad (ver abajo) para determinar su frecuencia en las plantas.

CUADRO 1

Aislamiento de tres especies de cianobacterias por planta de tratamiento

P	Agua de filtros			Agua cruda			Positividad (%)
	Total	positivas	(%)*	Total	Positivas	(%)*	
A	22	5	(22.7)	22	2	(9.0)	15.90
B	21	7	(33.3)	21	10	(47.6)	40.47
C	22	6	(27.2)	22	4	(18.1)	22.72
D	30	10	(33.3)	60	18	(30.0)	31.11
E	21	9	(42.8)	21	3	(14.2)	28.57
F	19	11	(57.8)	19	5	(26.3)	42.10
G	18	7	(38.8)	18	3	(16.6)	27.77

*: Al menos una de las tres especies de cianobacterias.

P: Planta de tratamiento

A: El Carmen (9° 57' 23" N 84° 00' 43" W)

B: Los Sitios (9° 57' 57" N 83° 59' 51" W)

C: Los Cuadros (9° 58' 00" N 84° 00' 14" W)

D: Tres Ríos (9° 56' 01" N 83° 58' 10" W)

E: Guadalupe (9° 59' 3" N 84° 02' 18" W)

F: Desamparados (9° 52' 30" N 84° 05' 37" W)

G: Alajuelita (9° 53' 16" N 84° 06' 35" W)

CUADRO 2

Número de aislamientos por especie de cianobacteria

Planta de tratamiento	Especie	Filtro	Cruda
El Carmen	<i>Phormidium retzii</i>	1	0
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	3	1
	<i>Microcystis flos aquae</i>	1	1
Los Sitios	<i>Phormidium retzii</i>	1	2
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	4	3
	<i>Microcystis flos aquae</i>	2	5
Los Cuadros	<i>Phormidium retzii</i>	2	0
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	1	1
	<i>Microcystis flos aquae</i>	3	3
Tres Ríos	<i>Phormidium retzii</i>	1	3
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	3	8
	<i>Microcystis flos aquae</i>	6	7
Guadalupe	<i>Phormidium retzii</i>	2	0
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	5	1
	<i>Microcystis flos aquae</i>	2	2
San Juan de Dios	<i>Phormidium retzii</i>	2	1
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	7	2
	<i>Microcystis flos aquae</i>	2	2
Alajuelita	<i>Phormidium retzii</i>	1	0
	<i>Oscillatoria subtilissima</i>	4	1
	<i>Microcystis flos aquae</i>	2	2

RESULTADOS

Se aislaron cincuenta especies, de las cuales veinticinco pertenecen a géneros documentados como productores de toxinas (Cuadro 3).

En el Cuadro 2 se presenta el número de aislamientos por lugar.

Para las tres especies de cianobacterias seleccionadas *Microcystis flos aquae*, *Oscillatoria subtilissima* y *Phormidium retzii* no hubo diferencia entre la entrada y la salida, indicando la ineficacia del tratamiento ($X^2 p > 0.05$, Cuadro 2).

La población humana abastecida por esas plantas es cercana al millón (Estadística y Censos de Acueductos y Alcantarillados).

CUADRO 3

Cianobacterias aisladas en plantas de tratamiento de agua potable del Area Metropolitana administradas por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados de Costa Rica

<i>Anabaena</i> sp.*	<i>L.stagnina</i> *
<i>A.variabilis</i> *	<i>Merismopedia punctata</i>
<i>Aphanocapsa biformis</i>	<i>Microcystis</i> sp.*
<i>Aphanothece pallida</i>	<i>M.aeruginosa</i> *
<i>Calotrix</i> sp.	<i>M.flos aquae</i> *
<i>C.marchica</i>	<i>M.fusco lutea</i> *
<i>C.terminalis</i>	<i>M.pulverea</i> *
<i>Chamaesiphon regularis</i>	<i>Nodularia</i> sp.*
<i>Chroococcus minutus</i>	<i>N.spumigena</i> *
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.*	<i>Nostoc</i> sp.*
<i>Dermocarpa</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.*
<i>D.incrassta</i>	<i>O.subbrevis</i> *
<i>Gloeocapsa</i> sp.	<i>O.subtilissima</i> *
<i>G.caldarium</i>	<i>Phormidium favosum</i>
<i>Gloeothece linearis</i>	<i>Ph.mucicola</i>
<i>G.palea</i>	<i>Ph.retzii</i> (L.retzii) *
<i>Holopedia geminata</i>	<i>Pleurocapsa fluviatilis</i>
<i>Lyngbya</i> sp.*	<i>P.minor</i>
<i>L.allorgei</i> *	<i>Porphirosiphon notarisii</i>
<i>L.birgei</i> *	<i>Pseudonabaena</i> sp.
<i>L.diqueti</i> *	<i>Spirulina</i> sp.
<i>L.ferruginea</i> *	<i>Symploca</i> sp.
<i>L.limnetica</i> *	<i>Synechococcus cedrorum</i>
<i>L.nana</i> *	<i>S.elongatus</i>
<i>L.subtilis</i> *	<i>Synechocystis</i> sp.*

* Géneros tóxicos (Repavich *et al.* 1990)

DISCUSION

Hay una alta incidencia (30%) de cianobacterias en las plantas de tratamiento de agua del Area Metropolitana. La incidencia podría ser mayor ya que hay al menos 24 especies de gé-

neros tóxicos (Smith *et al.* 1987, Repavich *et al.* 1990).

Los daños que podría causar ingerir pequeñas dosis de toxinas por largos períodos son desconocidos. Sin embargo, los trabajos de Repavich *et al.* (1990), sugieren que a muy pequeñas dosis (0,009µg por ml) las Anatoxinas, Neosaxitoxin y Hepatotoxinas producidas por cianobacterias causan daños de hasta un 2% en cromosomas humanos. En pequeñas dosis también podrían causar enfermedades gastrointestinales y diarreas Herwaldt *et al.* (1991). Fujiki *et al.* (1993) mencionan que en tales condiciones esas toxinas son productoras de tumores en el hígado de varios animales (incluyendo humanos).

Es preocupante que las tres especies de cianobacterias analizadas en detalle aparecieron tanto en el agua cruda como en la tratada.

La calidad del agua determina, en gran medida, que tipo de algas pueden habitar en ella, las principales características del agua que afectan cianobacterias potencialmente tóxicas son: concentraciones de fósforo y dióxido de carbono, nitrógeno total y temperatura, aumentando su frecuencia con la eutroficación "cultural" (Smith *et al.* 1987).

En este estudio no se analizaron esas características, pero es posible hacer algunas observaciones preliminares:

- La planta San Juan de Dios de Desamparados tiene la mayor frecuencia, tal vez por ser la única que funciona con "filtros lentos". En este proceso se deja que se establezca una capa biológica en el fondo del filtro. Por el tiempo necesario (y otras condiciones) el filtro funciona como un reservorio de aguas eutrofizadas y semiestancadas, calentado por los rayos solares, funcionando como un cultivo.
- En la planta de Tres Ríos la alta incidencia puede deberse a que una de sus fuentes es un embalse (El Llano). Allí no solo hay predominancia de cianobacterias, sino que existen las tres especies aquí consideradas en detalle (Peinador, sin publicar).
- En Guadalupe la incidencia alta se asocia también con una fuente, el río Virilla, donde hay hasta 24.000 coliformes fecales por 100 ml y turbiedades de 380 FTU (Peinador, sin publicar), lo cual coincide de nuevo con los postulados de Smith *et al.* (1987).

- Se demostró que la remoción de estas cianobacterias no es buena por los métodos de sulfatación, sedimentación y precloración. En el Carmen de Guadalupe, se utiliza precloración continua de 2 mg por litro con cloro gaseoso, floculación continua a dosis más usuales de 15 mg por litro de sulfato de aluminio, un polímero sintético catiónico a dosis más usuales de 1 mg por litro (uso discontinuo), filtración por arena (0.5m) y cloración final continua de 1.2 mg por litro (Oscar Saborío, 1993 com.per.). Allí realicé 22 muestreos del agua ya tratada (red de distribución) y encontré en una muestra *Phormidium retzii*, en tres *Oscillatoria subtilissima* y en otra *Microcystis flos aquae*.

En un estudio realizado por Himberg *et al.* (1989), también se afirma que estas toxinas no son removidas por los procesos mencionados y que el sulfato de aluminio, sulfato de cobre y el cloro, rompen las membranas celulares de las cianobacterias, contribuyendo a la liberación de las toxinas. Hay una remoción parcial de las toxinas con dosis de ozono de 1.5 mg por litro y una remoción del 90% al 100%, (dependiendo de la toxina), con grandes cantidades de carbón activado en polvo o por filtración sobre carbón activado granulado. De las plantas de tratamiento contempladas en este estudio ninguna utiliza ese tipo de filtración, posiblemente las toxinas están siendo ingeridas por los usuarios, con dosis y efectos aún desconocidos.

Las plantas de Tres Ríos y Los Cuadros utilizan filtración por antracita, pero aún no existen estudios al respecto. A manera preventiva, debería introducirse la filtración por carbón activado en las plantas de tratamiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Carmen Isabel Valiente sus sugerencias para mejorar el manuscrito.

RESUMEN

En siete plantas de tratamiento para agua potable en Costa Rica se recolectaron 336 muestras durante diez meses. Se aislaron 50 especies

de cianobacterias, 24 potencialmente productoras de toxinas. *Microcystis flos aquae*, *Phormidium retzii* (*Lyngbya retzii*) y *Oscillatoria subtilissima* se encontraron en un 30% de las muestras. Es necesario instalar filtración por carbón activado en estas plantas.

REFERENCIAS

- Bearley, V.R., R.M. Coppock, J. Simon, R. Ely, W.B. Buck & R.A. Corley. 1983. Apparent blue-green algae poisoning in swine subsequent to ingestion of a bloom dominated by *Anabaena spiroides*. *An. Vet. Med. Ass.* 183: 413-414.
- Bourke, A.T.C., R.B. Hawes, A. Neilson & N.D. Stallman. 1983. An outbreak of hepato-enteritis (The Palm Island Mystery Disease) possibly caused by algal intoxication. *Toxicon* 3: 45-48.
- Carmichael, W.W., D.F. Bigg & P.R. Gorham. 1975. Toxicology and Pharmacological action of *Anabaena flos aquae* toxin. *Science* 187: 542-544.
- Francis, G. 1878. Poisonous Australian lake. *Nature* 18: 11-12.
- Gorham, P.R., J. Mc Lochlan, W.J. Hammaes & W.K. Kim. 1964. Isolation and culture of toxic strain of *Anabaena flos aquae* (*Lyngbya*). *DeBieb. Berh. Int. Verein. Lymnol.* 15: 796-804.
- Guillard, R.R.L. 1976. Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrates. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts. 60 p.
- Herwaldt, B.L., G.F. Craun, S.L. Stokes & D.D. Juranek. 1991. Outbreaks of Waterborne Disease in the United States: 1989-1990. *AWWA.* 40: 129-135.
- Himberg, K., A.M. Keijola, H. Pyysalo & K. Sivonen. 1989. The effect of water treatment processes on the removal of Hepatotoxins from *Microcystis* and *Oscillatoria* cyanobacteria: A Laboratory study. *Hyd. Rev.* 10: 1-5.
- Repavich, W.W., W.C. Sonzogni, J.H. Stanbridge, R.E. Wedepohl & L.F. Meisner. 1990. Cyanobacteria (Blue-Green algae) in Wisconsin Waters: Acute and chronic toxicity. *Wat. Res.* 24: 225-231.
- Rosowski, J.R. & R.W. Hoshaw. 1970. Cultivation of a filamentous alga in quantity on agar plates. *J. Phycol.* 6: 220-222.
- Smith, V.H., E. Willin & B. Karlsson. 1987. Predicting the summer Peak Biomass of four species of blue-green algae (Cyanophyta/Cyanobacterial) in Swedish lakes. *Wat. Res. Bull.* 23: 397-402.
- Tatewaki, M. & L. Provasoli. 1964. Vitamin requirements of *Antithamnion* (Antibiotic mix). *Bot. Marina* 6: 193-203.