

## I-029 - CIANOBACTERIAS EN EL RÍO URUGUAY CON DETERMINACIONES Y ENSAYOS DE ADSORCIÓN DE CIANOTOXINAS Y GEOSMINA

**Cinthia Griselda Bogarin** <sup>(1)</sup>

Ingeniera Química de la Universidad Tecnológica Nacional (Chaco). Responsable del sector de Analisis Organicos del Laboratorio Central Aguas de Corrientes S.A

**Nancy Roman** <sup>(2)</sup>

Bioquímica de la Universidad Nacional del Nordeste (Corrientes). Responsable de área Aguas en el Laboratorio de control de calidad de Aguas de Corrientes S.A-Coordinadora de implementación Normas ISO 24500. Quality Systems Manager.

**Silvia Otaño** <sup>(3)</sup>

Oceanógrafa de la Universidad Nacional de la Patagonia (Chubut). Investigadora-docente en dicha Universidad. Responsable del sector de Fitoplacton en Laboratorio de control de calidad de Aguas de Corrientes S.A.

**Dirección** <sup>(1)</sup>: Sargento Cabral y Gdor. Panpin. Corrientes Capital – CP 3500- Argentina – Tel 0054 0379 4422980 interno 221 - e-mail: [lab.central@aguasdecorrientes.com](mailto:lab.central@aguasdecorrientes.com)

### RESUMEN

El monitoreo y control de algas constituye una herramienta fundamental en la prevención de incidentes de producción de toxinas y malos olores y sabores, en un cuerpo de agua destinado al consumo humano.

Se procedió a relevar, monitorear y cuantificar la presencia de cianobacterias, géneros y especies que protagonizan la floración masiva y generan no solo toxinas sino también metabolitos que alteran la calidad sensorial del agua en el Río Uruguay, fuente de agua potable para las localidades de Santo Tomé, Paso de Los Libres y Monte Caseros, en la Provincia de Corrientes, Argentina. Además, se elaboró una metodología de análisis de toxinas a través de técnicas de inmunoensayos, y de bioensayos en ratones, para evaluar toxicidad proveniente de cianobacterias (cianotoxinas), proponiendo una marcha analítica a partir de los resultados de recuentos celulares y como control de aptitud del tratamiento frente a los metabolitos que generan estos eventos en cuerpos superficiales se realizaron ensayos de remoción de cianotoxinas y de compuestos generadores de olores y sabores que alteren la calidad organoléptica del agua a potabilizar, con medios adsorbentes como carbón activado obteniendo diferentes porcentajes de remoción según su origen.

**PALABRAS-CLAVES:** Cianobacterias, Cianotoxinas, Geosmina, Carbon activado, Rio Uruguay.

### INTRODUCCION

Las floraciones de microalgas impactan negativamente en la calidad de agua de muchos ambientes de agua dulce, tanto en aquellos utilizados como fuente de agua para consumo humano como para actividades recreativas y agropecuarias. El incremento en la concentración de nutrientes, los bajos caudales y las altas temperaturas, favorecen el desarrollo masivo de algas, especialmente del grupo de las cianobacterias.

Muchas especies de cianobacterias son capaces de producir diversas hepatotoxinas y neurotoxinas, así como de la generación de malos olores y sabores, tales como la geosmina y el 2-metilisoborneol (2-MIB), por lo cual el monitoreo y control de las mismas es de fundamental importancia para los organismos responsables del abastecimiento de agua potable.

*Dolichospermum spiroides* (productora anatoxina-a y geosmina) es una de las especies formadoras de floraciones de más frecuente ocurrencia en Argentina. *Aphanizomenon schindleri* ha sido descripta para lagos Canadienses, siendo observada por primera vez en Argentina durante el presente estudio. No hay registros hasta el momento de producción de toxinas por parte de esta especie (Otaño, 2009b). Análisis realizados en agua cruda durante estas floraciones resultaron en la no detección de estas toxinas, o presencia de las mismas en concentraciones muy inferiores al nivel guía para agua potable.

El objetivo de este estudio fue investigar la presencia de algas potencialmente tóxicas que pudieran estar presentes en el Río Uruguay, fuente de agua potable para las localidades de Santo Tomé, Paso de Los Libres y

Monte Caseros, en la Provincia de Corrientes, ubicado en el nordeste de Argentina, y constituye el límite entre Argentina y Brasil, y Argentina y Uruguay. Los sitios estudiados se encuentran localizados en la Provincia de Corrientes: Santo Tomé (28°32'38"S, 56°01'43"W), Paso de Los Libres (29°43'44"S, 57°05'11"W) y Monte Caseros (30°14'54"S, 57°37'25"W)..

Desde que se detectó la primera floración de cianobacterias en las fuentes superficiales de captación en la provincia de Corrientes, la empresa prestataria del servicio de agua potable puso en marcha un plan de acción consistente en la evaluación del grado de protección brindado por los sistemas de potabilización frente a floraciones de cianobacterias siguiendo las recomendaciones de la OMS; en el caso de las localidades afectadas sobre la margen del río Uruguay, se describe en detalle la metodología utilizada para recolección de muestras y realización de bioensayos en ratones para evaluar toxicidad proveniente de cianobacterias (cianotoxinas), informando los resultados obtenidos y proponiendo una marcha analítica para evaluación de cianotoxinas a partir de los análisis de recuentos celulares de cianobacterias.

Las cianobacterias en su desarrollo masivo pueden ocasionar problemas organolépticos debido a la presencia de compuestos generadores de olores como ser la geosmina o el 2-metilisoborneol, estas son sustancias cuyo olor/sabor (identificado como terroso-moho) se encuentran en umbrales cuyas concentraciones van de 4 ng/L (nanogramos por litro) a 14 ng/L. Para su análisis se necesita instrumental muy específico lo que dificulta brindar una respuesta adecuada en el manejo de las plantas de tratamiento, a lo que se suma una gran problemática de percepción por parte de los consumidores, debido a sus muy bajos niveles de detección, ya que si el agua presenta olor o sabor, estos pueden interpretar que existe algún riesgo sanitario y/o algún problema en el origen del agua, en su tratamiento o en la red de distribución.

Considerando que el carbón activado en polvo constituye un medio adsorbente donde los compuestos generadores de olores (geosmina y 2-metilisoborneol) así como toxinas algales como la microcistina pueden quedar retenidos, se emplea este medio en las plantas de tratamiento como sistema de eliminación de estos agentes que aporta la presencia de cianobacterias en los cursos de agua superficial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de fitoplancton se recolectaron muestras de agua de entrada a las plantas potabilizadoras de las tres localidades con frecuencia diaria o semanal durante los años 2008 y 2009. Las mismas fueron fijadas con solución de Lugol y concentradas por centrifugación para la cuantificación del fitoplancton. La identificación de los organismos fue realizada por observación con microscopio óptico utilizando claves y manuales taxonómicos. La cuantificación se efectuó con cámara de Sedgwick de acuerdo a la metodología de APHA (1998).

Se realizaron análisis de las toxinas microcystinas, cylindrospermopsina y saxitoxinas mediante la técnica de ELISA, y de anatoxina-a por HPLC-MS/MS. La determinación de anatoxina-a se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional de Córdoba por HPLC/MS.

Los bioensayos en ratones fueron realizados en el bioterio del Centro Nacional de Parasitología y Enfermedades Tropicales en la ciudad de Corrientes. Se realizó la observación de los individuos entre las primeras 2 hs y 24 hs y para el control de toxinas se emplearon muestras concentradas.

**Preparación de muestras concentradas para bioensayo:** Las muestras fueron recolectadas con red de fitoplancton, y conservadas refrigeradas hasta ser procesadas, para cada punto de muestreo se realizó dos recolecciones con red recolectando un volumen concentrado de 1,5 L a partir de un volumen original aproximado de 56 L de agua de río. Como control positivo se utilizó un liofilizado de un lago con gran desarrollo de cianobacterias productoras de microcistina se preparó 20 mg/mL de liofilizado, se filtró y se reservó frizado, como control negativo se usó solución fisiológica.

**Preparación de los animales:** Se utilizaron ratones *Mus musculus* macho cepa BALB/C de 20 a 25 gr los cuales no han sido expuestos previamente a ningún tóxico.

**Inoculación:** Se inició en horas de la mañana, 1ml de muestra preparada fue inyectada por duplicado intraperitonealmente, en cada ejemplar de ratón. Se inocularon ejemplares con testigo y control negativo respectivamente ubicándolos en las jaulas correspondientes.

**Eliminación de residuos:** Se procedió a descartar los animales mediante el procedimiento establecido por el CENPETROP para tal fin.

**Para el análisis de compuestos generadores de sabores y olores en agua** que aparecen debido a las floraciones masivas de cianobacterias se capacito y se estableció un panel sensorial en las plantas de tratamiento más afectadas sobre la margen del Río Uruguay (Santo Tome, Monte Caseros y paso de los Libres). El perfil de olor se hace a 25°C y a 45°C y el perfil de sabor solo a 25°C en las aguas naturales, salidas de plantas y puntos de red. Los Panelistas entrenados caracterizan cualitativamente la muestra según la Rueda de Olor y Sabor, la cuantificación de la intensidad se hace con la escala del 0 al 12 (Mallevalle 1995)

**Para evaluar aptitud del carbón activado en polvo** para uso en la remoción de compuestos que alteran el gusto y olor considerando su rendimiento en la adsorción se empleó:

- carbón activado seco a 110°C durante 24 hs
- estándar de Geosmina
- Agua del cuerpo superficial procedente del Río Uruguay

Se utilizó prueba de reactor discontinuo según metodología descripta en *referencia 2*

Las Condiciones de Adsorción fueron: evaluación a los 10 min y a los 40 min y concentración inicial de Geosmina: 138.6 ng/L

**La determinación analítica para la detección de geosmina y 2-metilisoborneol** se realizó en muestras de agua por microextracción en fase solida con SPME Fiber: 2 cm-50/30 um DVB/Carboxen/PDMS StableFlex bajo Temeperatura de Extracción:60°C para un volumen de 40 ml con cloruro de sodio en viales con septa de teflon y analisis por cromatografía gaseosa con detección de masa en modo SIM empleando columna HP-5Ms 5% Phenyl Methyl Siloxane

**Para los ensayos de adsorción de carbón activado en polvo frente a toxinas algales**, se evaluó la variación de la concentración de Microcistina empleando diferentes carbones **CA01** USA – mineral; **CA02** ESCOCIA-mineral; **CA03** BRASIL-vegetal; **CA04** BRASIL-vegetal ; **CA05** BRASIL-vegetal; **CA06** vegetal; las condiciones de trabajo fueron en matriz agua destilada; se colocó sobre agua destilada la cantidad necesaria de liofilizado algal para obtener 6 preparados con una concentración inicial de 71 ug/L para todos los carbones excepto el CA06 para el que se utilizó 178 ug/L.. Se evaluó la adsorción a los 5 min y 30 min a dosis de 20mg/L.

## **RESULTADOS DE MONITOREOS DE CIANOBACTERIAS EN CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL**

Durante el verano de 2008 se produjeron dos picos de abundancia de fitoplancton, el primero en enero-febrero debido a una floración de *Dolichospermum spiroides*, la cual presentó una abundancia máxima en Monte Caseros con 87.750 cél./mL, constituyendo el 90% del fitoplancton total. El segundo pico se produjo en marzo-abril con un máximo de 32.325 cél./mL de *D. spiroides* en Santo Tomé (74% del fitoplancton total), y de 447.600 cél./mL de *Aphanizomenon schindleri* en Monte Caseros (93% del fitoplancton total). En marzo-abril de 2009 se registró otra floración de *A. schindleri*, con un máximo de 458.000 cél./mL (95% del fitoplancton total) en Santo Tomé, aunque en dicho período la abundancia de *D. spiroides* no superó las 10.000 cél./mL (Figura. 2)

Se registraron además otras poblaciones de cianobacterias, con una abundancia máxima de 17.375 cél./mL de *Microcystis aeruginosa* y 32.306 cél./ml de *Microcystis wesenbergii* en Monte Caseros, y de 6.500 cél./mL de *Dolichospermim planctonicum*, 9.000 cél./mL de *Cuspidothrix cf. issatschenkoi* y 50.200 cél./mL de *Cylindrosdpermopsis raciborskii* en Paso de Los Libres.

Los máximos valores de las diversas toxinas (Tabla 1) detectadas en el agua cruda siempre estuvieron con valores inferiores a los valores guía de la OMS para agua potable.

**Tabla 1. Valores máximos de metabolitos algales y su correspondiente abundancia de algas.**

Metabolito	Valores máximos metabolitos	Abundancia de especies	Lugar y Fecha
Microcystinas	0,6 µg/L	9.000 cél./mL <i>M. aeruginosa</i>	Paso de Los Libres, 12/04/2008
Saxitoxinas	0,31 µg/L	13.300 cél./mL <i>C. raciborskii</i>	Santo Tomé, 26/03/2008
Anatoxina-a	0,055 µg/L	11.150 cél./mL <i>D. spiroides</i>	Santo Tomé, 26/03/2008
Geosmina	463 ng/L	87.750 cél./mL <i>D. spiroides</i>	Monte Caseros, 03/02/2008

## RESULTADOS DE EVALUACION DE TOXICIDAD CIANOBACTERIANA EN FUENTES DE AGUA DE PLANTAS POTABILIZADORAS DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL

Se realizó la observación permanente durante las primeras 2 hs, a los 40 min se produjo el deceso del ejemplar testigo positivo, los síntomas fueron: caminata lenta, letargo, somnolencia, inflamación abdominal, hasta quedarse quieto inmóvil en un sector de la jaula con respiración lenta y muerte.

Se continuó la observación de los demás animales frecuentemente por 24 hs, los mismos no presentaron síntomas de neurotoxicidad, su comportamiento fue muy similar al de los controles negativos, inmediatamente después de la inoculación se mostraron retraídos para luego recuperar la actividad..

### Necropsia

Luego del deceso del animal testigo positivo se procedió a realizar la disección del mismo, se observó importante inflamación del hígado, el mismo presentó color oscuro hemorrágico, se registró en la tabla de registro el peso del hígado y la hora de deceso. En todos los ejemplares inoculados con muestra el aspecto del hígado fue de color más oscuro que el control pero no se observó inflamación evidente.

Los recuentos de algas y análisis de toxinas en las muestras de agua superficial se describen en las Tablas 2 a 4 y en agua de consumo no se detectaron toxinas.

**Tabla 2-Recuento celular de algas de muestras en estudio:**

Muestra	Agua río Uruguay S Tomé	Agua río Uruguay P L Libres	Agua río Uruguay M Caseros
<b>Fecha de muestreo</b>	<b>26-03-09</b>	<b>30-03-09</b>	<b>31-03-09</b>
<b>ESPECIES POTENCIALMENTE TÓXICAS (cél./ml)</b>			
<i>Anabaena spiroides</i>	<b>3.450</b>	<b>934</b>	<b>300</b>
<i>Anabaena planctonica</i>	<b>1.500</b>	<b>1.750</b>	<b>67</b>
<i>Aphanizomenon schindleri</i>	<b>458.000</b>	<b>281.000</b>	<b>125.003</b>
<i>Aphanizomenon issatchenkoi</i>	<b>2.000</b>	<b>667</b>	<b>5.384</b>
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<b>11.250</b>	<b>2.000</b>	<b>3.250</b>
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	0	<b>667</b>
<i>Microcystis wesenbergii</i>	0	<b>1.000</b>	<b>32.306</b>
<b>OTROS ORGANISMOS (cél./ml)</b>			
<i>Aulacoseira granulata</i>	0,00	0,00	16,67
Crhysophyta	100,00	150,00	769,00
Chlorophyta	2.300,00	1.650,00	1.600,00
Cyanophyta	2.750,00	1.834,00	26.429,00
Pyrrophyta	0,00	8,40	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>481.350</b>	<b>290.993</b>	<b>195.792</b>

**Tabla 3-Toxinas en muestras de agua del río sin concentrar.**

Muestras	Agua río Uruguay S Tomé	Agua río Uruguay P L Libres	Agua río Uruguay M Caseros
Fecha de muestreo	22-03-09	30-03-09	31-03-09
Microcystina (ppb)	<0.16	<0.16	<0.16
Cilindrospermopsina (ppb)	<0.10	<0.10	<0.10
Saxitoxina (ppb)	<2.5	<2.5	<2.5
Anatoxina (ppb)	0.055	-	-

**Tabla 4-Toxinas en muestra de agua del río concentradas para bioensayos y control positivo**

Muestras	Agua río Uruguay S Tomé	Agua río Uruguay P L Libres	Agua río Uruguay M Caseros	Control Positivo
Fecha de muestreo	26-03-09	30-03-09	31-03-09	-
Factor de concentración	1800	2800	2800	-
Microcystina (ppb)	0.65	0.80	2.02	17250
Cilindrospermopsina (ppb)	<0.1	0.14	0.19	<0.10
Saxitoxina (ppb)	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5

De acuerdo a los datos obtenidos en los bioensayos, el ratón inoculado con el testigo positivo presentó síntomas de hepatotoxicidad llegando incluso a la muerte en 40 minutos, porcentaje de peso del hígado respecto al peso del animal cercano al 7%. En cambio los animales inoculados con las muestras ensayadas (Santo Tomé, Paso de los Libres, y Monte Caseros) no presentaron signos evidentes de inflamación o hepatotoxicidad con porcentaje de peso de hígados muy cercano al valor del control negativo, excepto los ejemplares inoculados con la muestra de Monte Caseros, los cuales presentaron color oscuro del hígado y uno de ellos presentó un 6.3% de peso del hígado respecto al peso del animal, debido probablemente a la presencia de dosis subletales de hepatotoxinas en la muestra concentrada. Ningún animal presentó síntomas de neurotoxicidad.

## RESULTADOS DE PANEL DE CATA EN PLANTAS POTABILIZADORAS.

En las plantas de tratamiento de las tres localidades se determinaron la calidad sensorial del agua, registrándose en la fuente natural olores asociados principalmente a moho y tierra, en tanto que muy pocos días olores a séptico y barro. En las salidas de planta se registraron olores a moho – hierba, teniendo periodos de permanencia que van desde el mes de enero a marzo.

La calidad sensorial en el año 2010 puede sintetizarse en:

### **Santo Tome:**

Agua Natural: intensidades de 4 a moho en general

A.Natural: 45°: intensidades de 6-8 para períodos de mayor percepción y 2 cuando es bajo en olor.

Salida de planta: intensidades de 2 en olor a tierra para periodos de mayor percepción.

### **Paso de Los Libres:**

Agua Natural: intensidades de 4 a tierra en general

A.Natural: 45°: intensidades de 6 para períodos de mayor percepción y 2 cuando es bajo en olor.

Salida de planta: intensidades de 2 en olor a tierra para periodos de mayor percepción

### **Monte Caseros:**

Agua Natural: intensidades de 4 a hierba/ moho en general

A.Natural: 45°: intensidades de 6-8 para períodos de mayor percepción y 2 cuando es bajo en olor.

Salida de planta: intensidades de 2 en olor a moho para periodos de mayor percepción

A partir de estos análisis se puede tener rápidamente información de la calidad organoléptica del agua de entrada al proceso de potabilización y una rápida respuesta a los ajustes de proceso de dosificación y tratamiento del agua ante este tipo de eventos. Estos datos se corroboraron con análisis de geosmina por cromatografía gaseosa con detección de masa y microextracción en fase sólida. En el agua natural se registraron valores desde 5 a 820 ng/L

En planta se procedió a dosificar el agua natural con carbón activado en polvo, realizándose ensayos de adsorción y determinación analítica de la geosmina durante todas las etapas del proceso a fin de evaluar su remoción.

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE ADSORCIÓN CON CARBON ACTIVADO

**Adsorción de Geosmina:** empleando carbón activado en polvo la adsorción presentó los siguientes resultados a diferentes tiempos en la tabla 5

**Tabla 5 : Ensayo de adsorción de geosmina**

<b>TIEMPO DE ADSORCION 10 min</b>					
<b>dosis de pac</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
cantidad de geosmina – fase acuosa (ng/l)	94.96	85.95	24.79	6.37	5.43
cantidad de geosmina removida (ng/l)	43.64	52.65	113.81	132.23	133.17
capacidad de adsorción: cantidad de geosmina removida por unidad de masa de cap ng/mg	8.73	5.27	5.69	3.31	2.66
% remoción	31.49	37.99	82.11	95.40	96.08
<b>TIEMPO DE ADSORCION 40 min</b>					
cantidad de geosmina – fase acuosa (ng/l)	100.64	65.21	19.54	1.88	nd
cantidad de geosmina removida (ng/l)	37.96	73.39	119.06	136.72	---
capacidad de adsorción: cantidad de geosmina removida por unidad de masa de cap ng/mg	7.59	7.34	5.95	3.42	---
% remoción	27.39	52.95	85.90	98.64	

La cantidad de geosmina removida para dosis de CAP inferiores a 20 mg/L se encuentra entre un 30-40 % para tiempos de 10 min y alcanzan un 50 % para 40 min .

En cuanto a los tiempos de adsorción evaluados no se observan variaciones significativas en los porcentajes de remoción para 10 min frente a los 40 min (prácticamente iguales porcentajes) que van de un 80 a 99 % para este limite de concentración inicial.

La cantidad de geosmina removida por unidad de masa de carbón adicionado es entre 5 y 3 ng/mg de carbón activado en polvo adicionado para dosis mayores de 20 mg/L donde presenta mayor efectividad.

La capacidad del carbón en polvo empleado en agua natural del Río Uruguay sobre la toma de captación de agua de la localidad Monte Caseros y sin la presencia de floraciones algales masivas, utilizado para la remoción de geosmina, se encuentra entre dosis 20 a 50 mg/L para tiempos de remoción de 10 min y 40 min con concentración inicial que alcance los 200 ng/L, con dosis inferiores la influencia de la materia orgánica es muy competitiva.

En planta de tratamiento la adsorción de geosmina con carbon activado en polvo los porcentajes de remoción fueron altos con dosis que van desde los 20 mg/l hasta 80 mg/l según el evento de abundancia masiva algal.

**Adsorción de Microcistina:** una comparativa de diferentes carbones activados de distinto origen frente a toxinas algales en agua natural inyectada con la microcistina demuestra la diferencia de porcentajes de adsorción.

Los diferentes carbones de origen vegetal CA03 (de 71 a 20 ug/L) , CA04 (de 71 a 18 ug/L) y CA06 (de 170 a 85 ug/L en 30 min) presentan una rápida adsorción in situ para la microcistina considerando que los análisis se efectuaron sin mantener prácticamente interferencia de la materia orgánica.

## CONCLUSIONES

Se produjeron floraciones de cianobacterias durante los meses de verano, debido a *Dolichospermus spiroides* y a *Aphanizomenon schindleri*, estando acompañadas además por otras especies potencialmente tóxicas

registradas con menor abundancia; se produjeron siempre en condiciones de altas temperaturas y bajos caudales, lo que hace suponer que ambos factores son los más incidentes en su desarrollo.

Al detectarse toxinas en el agua cruda, éstas estuvieron presentes siempre en concentraciones inferiores a los niveles guía para agua potable. El máximo valor de geosmina detectada se corresponde con la máxima abundancia de *D. spiroides*. No se detectaron toxinas en aguas de salida de plantas potabilizadoras.

Basados en la ausencia de síntomas de hepatotoxicidad y de neurotoxicidad en los ensayos con muestras concentradas, siendo el factor de concentración entre 1800-2800, se concluye que el agua del Río Uruguay no presentaría riesgos asociados con toxinas cianobacterianas intracelulares, hecho que se corroboró con las determinaciones de toxinas en las muestras concentradas demostrando ausencia de toxinas o valores inferiores a las Dosis Letales 50; teniendo en cuenta que los procesos de potabilización remueven aproximadamente el 99.9 % de células cianobacterianas, tampoco existiría riesgo asociado a toxinas cianobacterianas intracelulares en el agua potable, hecho que quedó demostrado con los análisis de toxinas en agua de consumo.

Se propone la marcha analítica partiendo de recuentos, análisis de Elisa, HPLC, bioensayos descriptas en referencia 5 para el estudio de toxicidad cianobacteriana, sobre todo para los casos en que se presentan recuentos de células cianobacterianas superiores a los promedios registrados previamente así como cuando se presentan especies cianobacterianas nuevas o que no hayan sido detectadas previamente en concentraciones elevadas.

La incorporación del panel de cata constituye una información rápida frente a los problemas de olor y sabor que afectan la calidad del agua, permitiendo una pronta respuesta operativa en el sistema de tratamiento.

El carbón activado constituye un medio eficiente para adsorción de microcistina y geosmina con óptima eficiencia de remoción y de fácil aplicación en plantas de tratamiento de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington, United States. 1998
2. CEPIS División Salud y Ambiente OPS Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la OMS. Lima 2002. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua- Manual de capacitación para operadores- 407-521 p.
3. CHORUS I. and J. Bartram.. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. E. & F. N. Spon, London. 416 pp.
4. DI BERNARDO L.. Algas e suas influencias na qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento. 1995
5. EDITADO POR LEDA GIANUZZI. CIANOBACTERIA Y CIANOTOXINAS Identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo, 2008, 229p
6. FERREIRA FILHO S.; MARCHETTO M.; Coagulation process and its interference on the taste and odor removal in drinking water treatment by powdered activated carbon application. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2005
7. Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande Do Sul. Rio De Janeiro: ABES,. 64p [www.finep.gov.br/prosab/index.html](http://www.finep.gov.br/prosab/index.html) 2006
8. KOMÁREK J. & J. KOMÁRKOVÁ.. Diversity of *Aphanizomenon*-like cyanobacteria. Czech Phycology. Olomouc. 6: 1-32. 2006
9. KOMÁREK, J. & E. Zapomělová.. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 1. part: coiled types. Fottea, Olomouc, 7 (1): 1-31. 2007
10. KOMÁREK, J. & E. Zapomělová.. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 2. part: straight types. Fottea, Olomouc, 8 (1): 1-14. 2008
11. LAGOS, N., H. Onodera, P.A. Zagatto, D. Andrinolo, S. Azevedo & Y. Oshima.. The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*, isolated from Brasil. Toxicon 37 (10): 1359-1373. 1999
12. LINDE J.; JONES M., The evaluation of powdered activated carbon for taste and odour removal, , and water scientific services, proces development
13. M. MENDES, M. EBERLIN. Organoleptical properties of water . UNICAMP Campinas , Sao Paulo-Brasil Pag. 75-99

14. NEWCOMBE G.; D. COOK.. Influences on the removal of tastes and odours by PAC. Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua, 51(8):463-474. 2002
15. OTAÑO SILVIA Y ROMAN NANCY - Floración De Cianobacterias Sobre La Costa Del Rio Uruguay Verano Del 2008 . V Taller internacional de enfoques regionales para la gestión y desarrollo de embalses en la Cuenca del Plata. Parque Tecnológico Itaipú, Foz de Iguazú, Brasil 11 a 14 de Marzo De 2008
16. OTAÑO, S.H. Saxitoxins in Argentinean Inland Waters. Harmful Algae News 39:19. 2009a.
17. Otaño, S.H.. First report of the cyanobacterium *Aphanizomenon schindleri* (Nostocales, Cyanophyceae) in River Uruguay, Argentina. Algological Studies 131:35-42. 2009b
18. PETER. Zurich,. Taste and Odor in Drinking Water: Sources and Mitigation Strategies. Disertación del SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH. 2008
19. SOMMERFELD M.. Reducing Taste and Odor and Other Algae-Related Problems for Surface Water Supplies in Arid Environments Arizona State. August 2002
20. Yunes Joao. Abastecimento E Toxicidade De Floracoes De Cianobactéria Homem: Vítima Ou Culpado? Unidade de Pesquisas em Cianobacterias FURG- IPEN/CNEN-SP SABESP 17p.-USP.2001
21. YUNES, J.S., N.T. Cunha, L.P. Barros, L.A.O. Proença & J.M. Monserrat. Cyanobacterial Neurotoxins from Southern Brazilian freshwater. Taylor & Francis Health Sciences. Comments on Toxicology 9: 103-115. 2003.