

Cianobacterias productoras de 2-metilisoborneol en Corrientes (Argentina)

SILVIA OTAÑO¹, NANCY ROMÁN Y CINTHIA BOGARÍN.

¹ Autor para correspondencia, Laboratorio Central. Aguas de Corrientes S.A. Gobernador Pampín 115.

Corrientes. C.P. 3.400. Argentina.

E-mail: silviaotano@gmail.com

Abstract. The Uruguay River is a source of drinking water for the city of Paso de Los Libres (Corrientes, Argentina). Potentially harmful cyanobacteria, sometimes forming blooms, have been detected since the year 2008. Weekly water samples from Uruguay River at Paso de Los Libres were analyzed from May 2006 to assess water quality for drinking water supply. Besides, samples from water intake of the water treatment plant of Paso de los Libres and surface water samples from Stream Yatay, a tributary of Uruguay River upstream Paso de los Libres, were studied on March 2012 due to the presence of tastes and odors. Phytoplankton species were identified and quantified. Mouse bioassays and microcystins analysis by ELISA method were performed on raw water from Uruguay River, and geosmin and 2-methylisoborneol content in raw water and in drinking water were analyzed by GC-MS. Samples from Yatay stream were cultured in BG11 medium without nitrate. A bloom of *Planktothricoides raciborskii* (Woloszynska) Suda & Watanabe was registered in Yatay stream on March 2012, together with low abundances of *Dolichospermum helicoideum* (Bernard) Wacklin, Hoffmann & Komárek. High levels of 2-methylisoborneol were detected in raw water, and powdered activated carbon was applied to remove odour and taste compounds. Mouse bioassays and microcystins analysis were negative. *Planktothricoides raciborskii* and *D. helicoideum* are rare tropical species, and they are new records for Argentina.

Keywords: Odour metabolites, *Planktothricoides raciborskii*, Uruguay River, drinking water, activated carbon.

Resumen. El río Uruguay constituye la fuente de agua potable para la localidad de Paso de Los Libres (Corrientes, Argentina). Se han detectado cianobacterias potencialmente nocivas, a veces formando floraciones, desde 2008. Con el objetivo de evaluar la calidad de agua destinada al consumo humano, se realizaron muestreos semanales del agua del río Uruguay en Paso de los Libres desde 2006. Ante la presencia de malos olores en marzo de 2012, se analizaron además muestras de agua de ingreso a la planta potabilizadora y muestras de agua superficiales del arroyo Yatay, tributario del río Uruguay aguas arriba de Paso de Los Libres. Se identificaron y cuantificaron las especies fitoplanctónicas. Se realizaron bioensayos de toxicidad en ratón y análisis de microcistinas por ELISA en el agua cruda del río Uruguay, y se analizaron el contenido de geosmina y 2-metilisoborneol en el agua cruda y en el agua de consumo por GC-MS. Se cultivaron muestras de agua del arroyo Yatay en medio de cultivo BG11 sin nitratos. En marzo de 2012 se registró una floración de *Planktothricoides raciborskii* (Woloszynska) Suda & Watanabe, junto con una baja abundancia de *Dolichospermum helicoideum* (Bernard) Wacklin, Hoffmann & Komárek. Se detectaron altos niveles de 2-metilisoborneol en el agua cruda, utilizándose carbón activado en polvo para la remoción de olores y sabores. Los bioensayos de toxicidad y los análisis de microcistinas resultaron negativos. *Planktothricoides raciborskii* y *D. helicoideum* son especies tropicales registradas en raras ocasiones, y constituyen citas nuevas para Argentina.

Palabras Clave: Metabolitos olorosos, *Planktothricoides raciborskii*, río Uruguay, agua potable, carbón activado.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la capacidad de las cianobacterias de producir diversas toxinas y olores y sabores desagradables. 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.

En Argentina se han detectado una gran diversidad de algas potencialmente nocivas en diversos ambientes, entre las que se destacan *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *Dolichospermum spiroides* (Klebhan) Wacklin, Hoffmann & Komárek, *Dolichospermum circinale* (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek y *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Amé, 2003; Echenique et al., 2001; Ruibal Conti, 2003), registrándose éstas y otras especies en la región nordeste del país (Otaño, 2009a, 2009b, 2012; Tell, 1994; Zalocar de Domitrovic y Forastier, 2005a,b).

Estas especies son capaces de producir microcistinas y anatoxinas (Chorus & Bartram, 1999). *Cylindrospermopsis raciborskii* es una especie cuyas cepas del hemisferio norte pueden generar la hepatotoxina cylindrospermopsina, mientras que las cepas del hemisferio sur generarían los compuestos neurotóxicos saxitoxinas (Lagos et al., 1999; Otaño, 2009a; Yunes et al., 2003).

Entre los compuestos no tóxicos responsables de los malos olores y sabores en el agua, se destacan la geosmina y el 2-metilisoborneol (2-MIB), semejantes al olor a tierra y moho. La presencia de estos metabolitos influyen negativamente en los procesos de potabilización del agua, debiéndose en esos casos recurrir a tratamientos avanzados de potabilización para lograr su remoción, tales como carbón activado u ozono, entre otros.

El río Uruguay es utilizado como fuente de agua potable para las localidades de Santo Tomé, Paso de Los Libres y Monte Caseros, en la provincia de Corrientes. A los fines de asegurar la calidad del agua se realizan monitoreos periódicos que incluyen la evaluación de la presencia de algas potencialmente nocivas. Los monitoreos realizados en las zonas de captación de agua han demostrado la presencia

de varias especies de cianobacterias, algunas de las cuales se presentan formando floraciones, generalmente en los meses más calurosos. *Dolichospermum spiroides* ha provocado serios inconvenientes en el proceso de potabilización debido a la generación de geosmina, llegando a alcanzar los 463 ng/L, siendo los valores de 2-MIB menores a los 5 ng/L (datos no publicados).

Estos monitoreos permiten la puesta en marcha de planes de contingencia destinados a optimizar el tratamiento del agua en sus diversas etapas, ante los bruscos cambios en la composición y abundancia del fitoplancton, y su capacidad de generar toxinas y otros metabolitos indeseables.

El objetivo del estudio fue evaluar la presencia, distribución y abundancia de algas potencialmente nocivas en aguas del río Uruguay destinadas al consumo humano, la identificación de especies que constituyan nuevas citas para la Argentina, y la evaluación de toxinas, malos olores y sabores asociados a las especies fitoplanctónicas registradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron semanalmente muestras de agua del río Uruguay en los sitios utilizados como fuente de agua potable para las localidades de Santo Tomé, Paso de Los Libres y Monte Caseros, desde mayo de 2006 (Figura 1). Estas muestras provienen de monitoreos de rutina donde se analizan los parámetros físicos, químicos y biológicos de calidad de agua.

Por otra parte, el arroyo La Despedida, que es el receptor del efluente de las lagunas de estabilización de líquidos cloacales de la ciudad de Paso de Los Libres, desemboca en el arroyo Yatay, siendo éste tributario del río Uruguay. El arroyo Yatay es monitoreado sin una frecuencia fija a los fines de evaluar su calidad de agua y su posible influencia en su afluente, el río Uruguay. Para tal fin se recolectaron muestras de agua superficiales del arroyo Yatay en septiembre de 2009, septiembre de 2011 y julio de 2012, realizándose análisis físicos, químicos y biológicos.

Ante la detección de la floración de *P. raciborskii* en Paso de Los Libres en marzo de 2012, se incluyó un muestreo en diversos puntos sobre

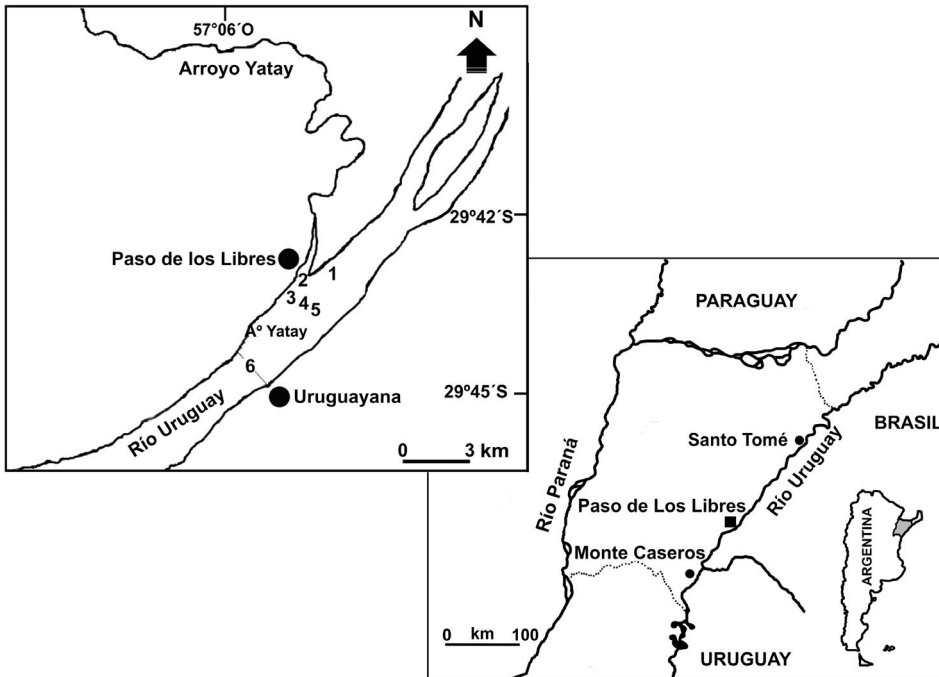


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo.

Referencias: 1 - 100m aguas arriba desembocadura A° Yatay, 2- Desembocadura A° Yatay, 3- Toma Costanera, 4- A 100m desde la costa, 5- A 200m desde la costa, 6- Toma Puente

el río Uruguay y sobre su tributario el arroyo Yatay en su desembocadura en el río Uruguay. Paso de los Libres posee su toma de agua para potabilización a la altura del puente internacional que une a esta localidad con Uruguayana (Brasil) (Toma Puente), pero ante los episodios frecuentes de niveles extremadamente bajos del río Uruguay, se incluyó otra toma de agua en el río Uruguay aguas abajo de la desembocadura del arroyo Yatay (Toma Costanera) (Figura 1). Se extrajeron con bidones de 5 L muestras de agua cruda desde la superficie del agua y de las tomas de ingreso a la planta potabilizadora de Paso de Los Libres. Las muestras fueron inmediatamente refrigeradas y llevadas al Laboratorio Central de Aguas de Corrientes S.A., en la ciudad de Corrientes donde se midió el pH, la conductividad eléctrica, la turbiedad, el oxígeno disuelto. Se determinó la alcalinidad, demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO), sólidos sedimentables, residuo sólido, sólidos fijos y volátiles y la concentración de cloruros, amonio, nitritos, nitratos y el fósforo reactivo disuelto de acuerdo a métodos de APHA (1999).

Las muestras destinadas a la identificación del fitoplancton fueron preservadas con

formaldehído al 4%. El recuento del fitoplancton se efectuó con cámara Sedgewick-Rafter, previa preservación con solución de Lugol y concentración por centrifugación. El material fue incorporado al herbario del Laboratorio Central de Aguas de Corrientes S.A., con la sigla LC (ACSA) y su numeración correspondiente.

Se efectuó la identificación de especies por observación al microscopio óptico, utilizando claves y manuales taxonómicos (Komárek, 2013; Komárek & Anagnostidis, 1989, 2005; Komárek & Komárková-Legnerová, 2002; Komárek & Zapomělová, 2007, 2008; Watanabe *et al.*, 2004).

Para la evaluación de olores en el agua cruda y en el agua de consumo, se enviaron muestras de agua preservadas en frío a Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AYSA), realizándose la determinación de geosmina y 2-MIB mediante Cromatografía Gaseosa (GC-MS) y microextracción en fase sólida (Ikai *et al.*, 2003; Ochiai *et al.*, 2011). Se realizaron además análisis sensoriales mediante paneles de olores y sabores de acuerdo a la metodología de APHA (1999). En los ensayos de panel los niveles de percepción de olores a moho alcanzaban entre 20 ng/L a 300 ng/L para el 2-MIB, valores superiores causaban saturación.

Se compararon los tipos de percepción con anteriores paneles de olores en presencia de *D. spiroides* productora de geosmina en el año 2008 y dentro del mismo rango de percepción en cuanto a olor a moho, en este período se acentuaba más la intensidad en el cambio de sensación en el sabor que en el olor.

Para la remoción de metabolitos olorosos se aplicaron al agua cruda dosis de carbón activado en polvo en el orden de los 60-80 mg/L. Cuando se inicia el evento, con las primeras percepciones de sabor y olor a moho en el orden de 20 ng/L, se empieza a aplicar en la planta potabilizadora dosis de 20 mg/L carbón activado previamente preparado en solución en cuba con agitación permanente para incorporarlo en la captación del agua cruda, asegurando el mayor tiempo de contacto que pueda permitir esta planta potabilizadora convencional. Estas dosis se fueron incrementando de acuerdo a la intensidad sensorial alcanzando las dosis citadas anteriormente.

Se efectuaron análisis de microcistinas mediante la técnica ELISA (Chu *et al.*, 1990) en las muestras de marzo de 2012, y bioensayos mediante la prueba ratón (AOAC, 1995) en el agua de ingreso a la planta potabilizadora de Paso de Los Libres del día 29/05/2012. Los bioensayos fueron realizados en el bioterio del Centro Nacional de Parasitología y Enfermedades Tropicales en la ciudad de Corrientes, Argentina.

RESULTADOS

En los muestreos del arroyo Yatay de septiembre de 2009, septiembre de 2011 y julio de 2012 se registró la presencia de *P. raciborskii* en bajas concentraciones, no superando las 104 cél./mL. Se observó que la calidad del agua tuvo una gran variabilidad anual, presentando amplios rangos en casi todos los parámetros, especialmente en los valores de conductividad, turbidez, nutrientes, oxígeno disuelto, DBO₅ y DQO (Tabla 1).

Durante los monitoreos semanales efectuados en el Río Uruguay, se observó la presencia de *P. raciborskii* a unos 80 km aguas abajo de Paso de Los Libres, a la altura de la localidad de Monte Caseros, en marzo de 2009 y septiembre de 2011, con una abundancia de 140 y 17 cél./ml, respectivamente.

El 26 de marzo de 2012 se observó una floración de *P. raciborskii* en el arroyo Yatay, con 453000 cél./ml, constituyendo el 82% del fitoplancton total. Otras especies presentes fueron *D. helicoideum* y *Cuspidothrix issatschenkoii* (Usachev) Rajaniemi, Komárek, Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffmann & Sivonen (Tabla 2). La abundancia del fitoplancton disminuyó desde la costa hacia el centro del río. La Toma Costanera estuvo muy influenciada por el aporte de algas del arroyo Yatay en marzo, encontrándose además en ese punto en mayo

Tabla 1. Parámetros físico-químicos y abundancia de *Planktothricoides raciborskii* (Woloszynska) Suda & Watanabe registrados en el Arroyo Yatay. sd: sin datos.

	07/09/2009	26/09/2011	10/07/2012
pH	7,10	7,43	7,27
Turbiedad (UNT)	449,0	10,4	62,0
Conductividad eléctrica (µS/cm)	389,0	432,0	31,3
Sólidos sedimentables (mg/L)	sd	sd	6,0
Residuo sólido (mg/L)	281,0	276,0	28,0
Sólidos fijos (mg/L)	181,0	216,0	sd
Sólidos volátiles (mg/L)	100,0	60,0	104,0
Cloruros (mg/L)	61,0	52,0	33,0
Alcalinidad (mg/L)	122,0	118,0	71,0
Fósforo reactivo soluble (mg/L)	0,1	1,4	0,04
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	4,4	4,5	0,01
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,1	0,22	< 0,01
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	< 1	1	0,1
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,7	8,1	9,7
DBO ₅ (mg/L)	9,0	6,0	20,0
DQO (mg/L)	20,0	23,0	7,0
<i>P. raciborskii</i> (cél./ml)	54,0	104,0	23,0

Tabla 2. Distribución espacial del fitoplancton (cél./ml) en los sitios de muestreo establecidos en el río Uruguay y concentraciones de 2-MIB (ng/L) el 26 de marzo de 2012. - : no detectada.

	1	2	3	4	5
<i>Dolichospermum helicoideum</i> (C. Bernard) Wacklin, Hoffmann & Komárek	-	116	70	-	-
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usachev) Rajaniemi, Komárek, Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffmann & Sivonen	-	10	2	-	-
<i>Planktothricoides raciborskii</i> (Woloszynska) Suda & Watanabe	-	453000	4845	10	-
Otras cianobacterias	52	45	39	4	9
Chrysophyta	44	703	154	72	104
Chlorophyta	840	10300	712	1048	1608
Euglenophyta	-	200	1	-	-
Pyrrophyta	4	1.200	73	25	3
Fitoplancton total	940	465574	5896	1159	1724
2-MIB	10	4370	1360	58	66

una concentración más elevada de *D. circinale* que en la Toma Puente (Tabla 3).

Se encontraron concentraciones de 2-MIB de 4370 ng/L en el agua de ingreso a la planta potabilizadora, y de 8 ng/L en el agua de consumo tratada con dosis de 60-80 mg/L de carbón activado en polvo, lográndose una remoción de 99,8%. En la apreciación sensorial por paneles de olores se percibió olor muy evidente a mohó en el agua cruda. En el agua potable el olor fue prácticamente imperceptible pero el gusto a mohó fue evidente.

Los análisis de microcistinas realizados durante la floración de *P. raciborskii* de marzo de 2012, y los bioensayos efectuados durante la floración de *D. circinale* de mayo de 2012 resultaron ambos negativos.

Especies citadas por primera vez en Argentina

Planktothricoides raciborskii (Woloszynska) Suda & Watanabe, 2002. (Figura 2).
Sinónimos: *Oscillatoria raciborskii* Woloszynska

Tabla 3. Evolución temporal del fitoplancton (cél./ml) en las dos tomas de agua (3: Costanera y 6: Puente) de Paso de los Libres en muestreos de 2012. - : no detectada.

	20/2		26/3		29/5	
	3	6	3	6	3	6
<i>Dolichospermum circinale</i> (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek	-	-	-	-	12950	4000
<i>D. helicoideum</i> (C. Bernard) Wacklin, Hoffmann & Komárek	-	-	70	-	-	-
<i>Aphanizomenon schindleri</i> Kling, Findlay & Komárek 1994	-	-	-	-	1175	385
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usachev) Rajaniemi, Komárek, Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffmann & Sivonen	-	-	2	-	713	28
<i>Planktothricoides raciborskii</i> (Woloszynska) Suda & Watanabe	155	-	4845	-	-	-
Otras cianobacterias	26	-	39	1	-	-
Chrysophyta	80	16	154	3	53	38
Chlorophyta	248	312	712	3	75	33
Euglenophyta	-	-	1	-	1	-
Pyrrophyta	4	4	73	1	59	1
Fitoplancton total	513	332	5896	8	15026	4485

1912, *Planktothrix raciborskii* (Woloszynska) Anagnostidis & Komárek 1988.

Tricomas rectos negruzcos, no constrictos, algo curvados y atenuados hacia los extremos, con aerótopos. Células de 9,5-10 μm de ancho y 3,5-5 μm de largo. Células apicales a veces

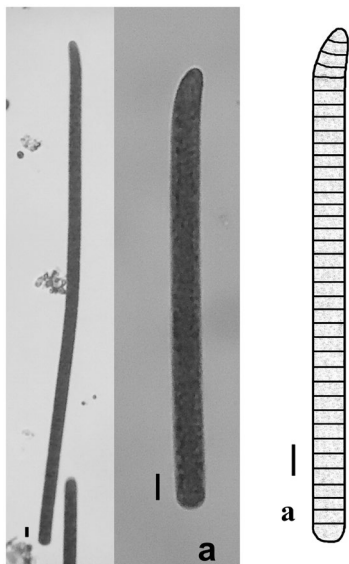


Figura 2. *Planktothricoides raciborskii*. a: tricoma. Escala = 10 μm .

curvadas, cónico-redondeadas, sin caliptra.

Distribución: Indonesia (Silva *et al.*, 1996), Israel (Vinogradova *et al.*, 2000), Japón (Suda *et al.*, 2002), China (Wang *et al.*, 2011) y Australia (Bostock & Holland, 2010).

Material estudiado: ARGENTINA, Prov. Corrientes: Dpto. Paso de Los Libres, Arroyo Yatay, 26-III-2012, Otaño (ACSA, LC).

Dolichospermum helicoideum (Bernard) Wacklin, Hoffmann & Komárek, 2009. (Figura 3). Sinónimo *Anabaena helicoidea* Bernard 1908.

Tricomas irregularmente espiralados. Células vegetativas en forma de barril, de 3,5-4

μm de ancho y 4,5-5 μm de largo, con aerótopos. Heterocitos esféricos o ampliamente ovales, intercalares o apicales, de 5-6 μm de ancho y 6-6,5 μm de largo. Acinetos cilíndricos algo curvados distantes de los heterocitos, de 4-5 μm de ancho 7-10 μm de largo, espirales de 15-20 μm de ancho, separados por 5-10 μm .

Distribución: Indonesia (Bernard, 1908), España (Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1988) y Méjico (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002).

Material estudiado: ARGENTINA. Prov. Corrientes: Dpto. Paso de Los Libres, Arroyo Yatay, 26-III-2012, Otaño (ACSA, LC).

DISCUSIÓN

Los caracteres morfológicos y ecológicos, válidos para la identificación de especies, indican que los individuos del río Uruguay y sus afluentes aquí analizados corresponden a la descripción de *P. raciborskii*. La identificación de *P. raciborskii* puede ser confirmada con datos moleculares de Suda *et al.* (2002).

La falta de estudios genéticos en *D. helicoideum* hace que esta especie pueda ser identificada hasta el momento solamente de acuerdo a sus características morfológicas. En su descripción original los heterocitos se presentan en forma intercalar, aunque según Komárek & Komárková-Legnerová (2002) éstos pueden ser también apicales, y establecen que se podría tratar de una especie de distribución pantropical y subtropical, muchas veces pasadas por alto. La descripción incompleta de *D. helicoideum* en poblaciones de España sugiere que podría tratarse en realidad de *Dolichospermum flos-aquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek o *Dolichospermum spiroides* var minima

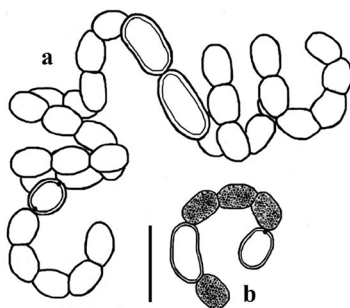
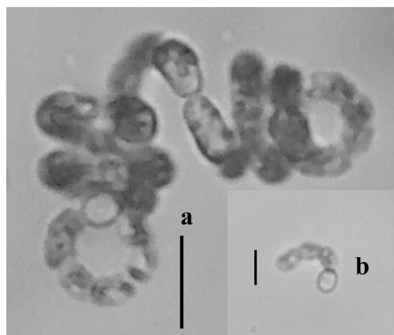


Figura 3. *Dolichospermum helicoideum*. a: tricoma con heterocisto intercalar. b: tricoma con heterocisto terminal. Escala = 10 μm .

(Álvarez-Cobelas y Gallardo, 1988).

Planktothricoides raciborskii ha sido citada como productora de 2-MIB en el Lago Dianchi en China con contenidos extracelulares de 76ng/L, siendo la fracción intracelular del 95,1% (Li *et al.*, 2007). Los tres criterios para determinar organismos causantes de olores y sabores abarcan la concurrencia de olor y organismo en el campo, aislamiento del organismo, y análisis de producción de olor en laboratorio (Li *et al.*, 2007). En el presente trabajo se lograron determinar el primero y el último de los tres criterios mencionados. Sin embargo, la identificación de *P. raciborskii* citada como productora de 2-MIB, la detección de este compuesto durante una floración de esta especie, la disminución en los valores de 2-MIB coincidentes con la disminución de las abundancias de *P. raciborskii* y la ausencia de otras especies fitoplanctónicas consideradas como generadoras de 2-MIB, podrían indicar que la especie responsable del problema sería *P. raciborskii*. La síntesis de 2-MIB estaría regulada por la intensidad de la luz, activándose la transcripción de los genes que lo sintetizan a baja intensidad de luz y desactivándose a altas intensidades lumínicas (Wang *et al.*, 2011).

Jung *et al.* (2004) sugieren el tratamiento del agua con dosis de 50 mg/L de carbón activado en polvo ante una concentración de 100ng/L de 2-MIB. Sin embargo, durante el presente estudio dosis similares de carbón activado en polvo para tratar niveles de 2-MIB cuarenta veces más elevados, fueron suficientes para permitir una remoción al nivel del umbral de detección, que varía entre los 10 ng/L y los 30 ng/L (Jung *et al.*, 2004; Ndiongue *et al.*, 2006). Esto podría deberse a varios factores, tales como la calidad del agua a tratar, los tipos de carbón utilizados y el tiempo de contacto del agua con el mismo.

Por otra parte, se encontraron diferencias entre la geosmina presente en el año 2008 y el 2-MIB detectado en el año 2012. En agua cruda se percibió olor muy evidente a tierra en presencia de geosmina, y a moho en presencia de 2-MIB. En el agua potable con presencia de geosmina se percibió olor y gusto a tierra que se intensificó al calentar la muestra, y en presencia de 2-MIB el olor fue prácticamente imperceptible, siendo el gusto a moho muy evidente.

No hay registros a la fecha de antecedentes de producción de toxinas por parte de *P. raciborskii* ni de *D. helicoideum*. Sin embargo no se puede descartar la posibilidad de su producción debido a los escasos registros de ambas especies a nivel mundial.

REFERENCIAS

- Álvarez-Cobelas, M. y Gallardo, T. (1988).** Catálogo de las algas continentales españolas. V. Cyanophyceae Schaffner 1909. *Acta Botánica Malacitana*, 13: 53-76
- Amé, M.V. (2003).** Microcistinas en el embalse San Roque (Córdoba). Presencia, ecotoxicidad, regulación y biodegradación. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.
- Bostock, P. D. & Holland, A. E. (2010).** Census of the Queensland Flora 2010. Brisbane: Queensland Herbarium, Department of Environment and Resource Management.
- Chorus, I. & Bartram, J. (1999).** Toxic Cyanobacteria in Water. London: World Health Organization.
- Chu, F. S., Huang, X. & Wei, R. D. (1990).** Enzyme-linked immunosorbent assay for microcystins in blue-green algal blooms. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 73 (3): 451-456.
- Echenique, R. O., Ferrari, L. & González, D. (2001).** Cyanobacterial blooms in Paso de las Piedras reservoir (Buenos Aires, Argentina). *Harmful Algae News*, 22: 3.
- Arreghini, S., de Cabo, L., Seoane, R., Tomazin, N., Serafini, R. & Fabrizio de Iorio, A. (2007).** A methodological approach to water quality assessment in an ungauged basin, Buenos Aires, Argentina. *Geojournal*, 70: 281-288.
- Ikai, Y., Honda, S., Yamada, N., Onuma, S., Tomita, B., Kawamura, N. & Miyazaki, Y. (2003).** Determination of Geosmin and 2-Methylisoborneol in Water using Solid Phase Extraction and Headspace-GC/MS. *Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan*, 51 (1): 174-178.
- Jung, S. W., Baek, K. H. & Yu, M. J. (2004).** Treatment of taste and odor material by oxidation and adsorption. *Water Science and Technology*, 49 (9): 289-95.

- Komárek, J. (2013).** Cyanoprokaryota 3. Teil Heterocytous Genera. En: B. Büdel, Gärtner, G., Krienitz, L. & Schagerl, M. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Berlin: Springer Spektrum.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1989).** Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4 Nostocales. *Algological Studies*, 82: 247-345
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005).** Cyanoprokaryota II. Teil Oscillatoriales. En Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. München: Elsevier.
- Komárek, J. & Komárková-Legnerová, J. (2002).** Contribution to the knowledge of planktic cyanoprokaryotes from central Mexico. *Preslia*, 74: 207-233
- Komárek, J. & Zapomělová, E. (2007).** Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 1. part: coiled types. *Fottea*, 7 (1): 1-31.
- Komárek, J. & Zapomělová, E. (2008).** Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* – 2. part: straight types. *Fottea*, 8 (1): 1-14.
- Lagos, N., Onodera, H., Zagatto, P.A., Andrinolo, D., Azevedo, S & Oshima, Y. (1999).** The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*, isolated from Brasil. *Toxicon*, 37 (10): 1359-1373
- Li, L., Wan, N., Gan, N. Q., Xia, B. D. & Song, L. R. (2007).** Annual dynamics and origins of the odorous compounds in the pilot experimental area of Lake Dianchi, China. *Water Science and Technology*, 55 (5): 43-50.
- Deng, H., Ye, Z. H. & Wong, M. H. (2009).** Lead, zinc and iron (Fe²⁺) tolerances in wetland plants and relation to root anatomy and spatial pattern of ROL. *Environmental and Experimental Botany*, 65: 353-362.
- Ndiongue, S., Anderson, W., Tadwalkar, A., Rudnickas, J., Lin, M. & Huck, P. (2006).** Using Pilot-Scale Investigations to Estimate the Remaining Geosmin and MIB Removal Capacity of Full-Scale GAC-Capped Drinking Water Filters. *Water Quality Research Journal of Canada*, 41 (3): 296-306
- Ochiai, N., Sasamoto, K. & Hoffmann, A. (2011).** Determination of 2-Methylisoborneol, Geosmin and 2,4,6-Trichloroanisole in Drinking Water by Dynamic Headspace Coupled to Selectable 1D/2D GC-MS with Simultaneous Olfactory Detection. *Global Analytical Solutions*. Gerstel. 8 pp
- Otaño, S. (2009a).** Saxitoxins in Argentinean Inland Waters. *Harmful Algae News*, 39:19
- Otaño, S. (2009b).** First report of the cyanobacterium *Aphanizomenon schindleri* (Nostocales, Cyanophyceae) in River Uruguay, Argentina. *Algological Studies*, 131: 35-42.
- Otaño, S. (2012).** *Aphanizomenon favaloroii* spec. nov. (Cyanobacteria, Nostocales), a new planktic species from Argentina. *Algological Studies*, 138: 27-36.
- Ruibal Conti, A. L. (2003).** Seasonal Variation of microcystins in Argentina Inland Waters. Master of Science Thesis. Kyoto University. Kyoto. Japan.
- Kabata-Pendias, A. (2004).** Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. *Geoderma*, 122(2-4): 143-149.
- Kabata-Pendias, A. (2011).** Trace elements in soils and plants. 4ed. Florida: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Silva, P. C, Basson, P. W. & Moe, R. L. (1996).** Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean. *University of California Publications in Botany*, 79: 1-1259
- Suda, S., Watanabe, M. M., Otsuka, S., Mahakahant, A., Yongmanitchai, W., Nopartnaraporn, N., Liu, Y. & Day, J. (2002).** Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatoriid cyanobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52: 1577-1595.
- Tell, G. (1994).** Planktonic Cyanophyceae from Northeastern Argentina. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 27 (4): 347-360.
- Vinogradova, O. M., Wasser, S. P. & Nevo, E. (2000).** Cyanoprokaryota. En: E. Nevo & Wasser, S.P. (Eds.). *Cyanoprokaryotes and algae of continental Israel. Biodiversity of cyanoprokaryotes, algae and fungi of Israel.* (pp. 32-141). A.R.A. Gantner Verlag KG, Ruggell.
- Wacklin, P., Hoffmann, L. & Komárek, J. (2009).** Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. *Fottea*, 9 (1): 59-64.
- Wang, Z., Xu, Y., Shao, J., Wang, J. & Li, R. (2011).** Genes Associated with 2-Methylisoborneol Biosynthesis in Cyanobacteria: Isolation,

Characterization, and Expression in Response to Light. *Plos One*, 6 (4): 1-9.

- Watanabe, M., Niiyama, Y. & Tuji, A. (2004).** Studies on Planktonic Blue-green Algae 10. Classification of Planktonic Anabaena with Coiled Trichomes Maintained in the National Science Museum, Tokyo. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Ser. B*, 30 (4): 135-149.
- Yunes, J. S., Cunha, N.T., Barros, L. P., Proença, L.A.O. & Monserrat, J. M. (2003).** Cyanobacterial Neurotoxins from Southern Brazilian freshwater. *Communications in*

Toxicology, 9: 103-115.

- Zalocar de Domitrovic, Y. & Forastier, M. (2005a).** Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y diversidad. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen B-038, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. 4 pp.
- Zalocar de Domitrovic, Y. & Forastier, M. (2005b).** Biodiversidad de cyanophyceae (cyanobacteria) y especies toxigénicas del litoral fluvial argentino. *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II INSUGEO, Miscelánea*. 14: 213-228.

Recibido: 18 de abril de 2016 - Aceptado: 04 de mayo de 2017