



Efecto de un preoxidante en la remoción de un alga invasora (*Ceratium furcoides*) presente en la cuenca del Río Santa Lucía

Lucía Nogueira^{a*}, Andrea Somma^a, Fátima Martigani^a, Mariana Brusoni^a, José Langone^a

^a Unidad Usinas de Montevideo. Área Tratamiento - Obras Sanitarias del Estado, Aguas Corrientes, Canelones, Uruguay *lnogueira@ose.com.uy

RESUMEN

Ceratium furcoides (Clase Dinophyceae) es una especie invasora a nivel sudamericano y desde el 2012 se registra su presencia en la cuenca del río Santa Lucía. Esta especie formó floraciones (abundancia > 1000 orgml⁻¹) en el embalse de Canelón Grande durante el otoño 2015 y de diciembre 2016 a febrero 2017. Las floraciones de este dinoflagelado están citadas como generadoras de coloración parda y pueden producir sabor y olor al agua tratada y ocluir filtros en las plantas potabilizadoras. Como forma de prevenir un posible impacto de una floración en la Usina potabilizadora de Aguas Corrientes se han ensayado experimentos de jarras con distintas dosis de coagulante (Al₂(SO₄)₃) y preoxidante (KMnO₄) como tratamientos correctivos. Los resultados sugieren que la utilización de KMnO₄ como preoxidante puede mejorar la remoción de este organismo en el agua (a través de su inmovilización), en especial cuando las dosis de sulfato de aluminio no son las óptimas. Debido a que *C. furcoides* posee facilidad de colonizar y perseverar en el ambiente, su continuo monitoreo y la evaluación de distintas estrategias de remoción en usinas de potabilización se hacen deseables y necesarias.

PALABRAS CLAVE: Potabilización, algas, floración, *Ceratium furcoides*, remoción, olor y sabor

1 INTRODUCCIÓN

Ceratium es un género de dinoflagelados (Clase Dinophyceae) de agua dulce con 7 especies reconocidas [1]. Se caracterizan por ser organismos unicelulares, de gran tamaño y poseer flagelos. Estas características morfológicas le confieren movilidad, baja susceptibilidad a la depredación por zooplancton, bajas tasas de crecimiento y resistencia a la sedimentación [2]. Además, poseen una gran capacidad de migración vertical que les permite controlar la posición vertical en la columna de agua y acceder a los recursos, tanto de nutrientes como luz, no disponibles para otras especies del fitoplancton [2]. Tienen capacidad de producir quistes que germinan en condiciones de mezcla y les asegura la persistencia en los ambientes ya colonizados [2]. Estas características le permiten el mantenimiento de las poblaciones en los ambientes colonizados y su eficaz dispersión [3].

El género *Ceratium* produce floraciones que tienen impacto en la calidad del agua ya que aumentan la turbidez, confieren una coloración parda y alteran la concentración de oxígeno y el pH [7,8]. Además está citado como generador de olor y sabor debido a los metabolitos intracelulares que producen [9]. También puede interferir en el proceso de coagulación debido a

que, por su movilidad, impiden la formación del floc y pueden ocluir filtros en las plantas potabilizadoras debido a su gran tamaño y exoesqueleto rígido (teca) [10,11].

Ceratium furcoides ha sido reconocida como una especie invasora en la región con gran potencial de expansión en América del Sur [4]. Para Uruguay hay una única referencia en el norte del país, el embalse de Salto Grande en el Río Uruguay [5].

Al sur de la República Oriental del Uruguay y dentro de la cuenca del río Santa Lucía, hay dos grandes embalses, el de Paso Severino (con un área de aproximadamente 20 km²), y el de Canelón Grande (con un área de aproximadamente 8 km²). Estos actúan como reservorios de la principal planta potabilizadora de agua del país perteneciente a O.S.E., situada en la localidad de Aguas Corrientes. Esta planta se ubica aguas abajo de la desembocadura del arroyo Canelón Grande en el río Santa Lucía y es la fuente de agua potable para el 60% de la población del país [6]. Desde 2012 los autores constataron por primera vez en esta cuenca la presencia de *C. furcoides* (Figura 1), luego de monitoreos exhaustivos desde el año 1990 (J. A. Langone, obs. pers.). Esta especie está presente en los dos embalses mencionados, donde formó floraciones (abundancia > 1000 orgml⁻¹) en el de Canelón Grande en marzo de 2015 y desde diciembre de 2016 hasta marzo de 2017, alcanzando un máximo de 6343 orgml⁻¹.

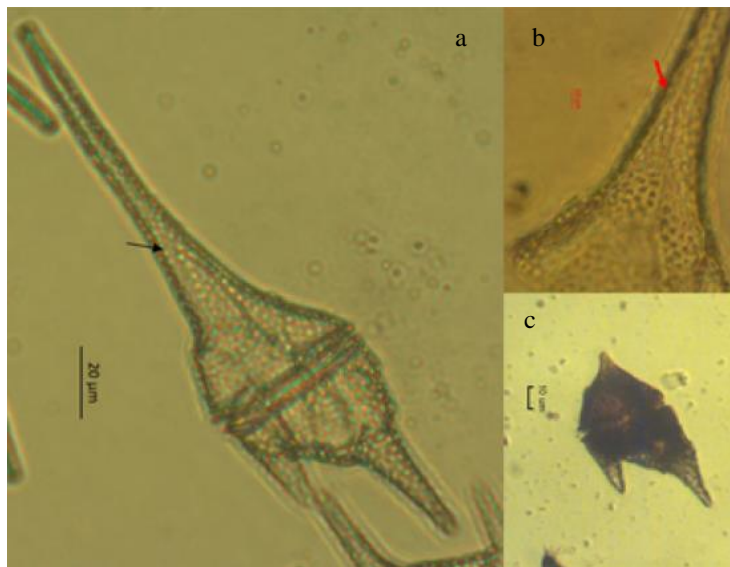


Figura 1. Microfotografías de *Ceratium furcoides* a) epiteca e hipoteca vacía en vista dorsal, la flecha negra indica la terminación de la placa 4' b) terminación de la placa 4' en la mitad de la epiteca en vista ventral (flecha roja) y c) quiste en formación del 20 de febrero de 2017 en el embalse de Paso Severino.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un preoxidante en la remoción de *C. furcoides* como medida preventiva a un posible impacto de una floración en la planta de Aguas Corrientes. Algunas usinas potabilizadoras de la región (Aguas Cordobesas, SA; Argentina) ya han tenido experiencias exitosas en la utilización de preoxidantes para la remoción del alga que nos ocupa [12].

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ensayos de inmovilización de *Ceratium furcoides*

El preoxidante elegido fue el permanganato de potasio (KMnO_4) ya utilizado en otras usinas potabilizadoras como ayudante de la coagulación y para la eliminación de algas, olor y sabor [13,14]. Se evaluaron distintas dosis de KMnO_4 para inmovilizar a *C. furcoides* a efectos de que pueda ser removido a nivel de la decantación pero sin que se expulse el contenido celular y con este los metabolitos productores de olor y sabor al medio. Para esto se simuló el tiempo de contacto y agitación con el que el preoxidante está en contacto con el organismo en la planta (6 jarras, 5 minutos a 50 rpm) en el equipo de Jar-Test de Aguas Corrientes. Se realizaron 4 ensayos de jarras con distintas condiciones de agua bruta extraída del Embalse de Canelón Grande (Tabla 1). En cada jarra se agregó un litro de agua y se evaluaron cinco concentraciones de KMnO_4 (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 mg l^{-1} en las jarras 1 a 5, respectivamente) más un control (sin KMnO_4 en la jarra 6). Luego de la exposición con KMnO_4 se tomó una alícuota de cada jarra que fue observada al microscopio óptico invertido (aumentos 100 – 400 X, microscopio Novel y Zeiss) en cámaras Utermöhl de 5 ml. En cada muestra se evaluó el movimiento de los ejemplares de *C. furcoides* y se calculó la proporción de organismos móviles en el total. Para esto se observó el movimiento de 5 grupos de 10 organismos al azar y se promedió el resultado.

Tabla 1. Fechas de extracción, características fisicoquímicas (temperatura (Temp), turbidez y oxidabilidad) y abundancia de *Ceratium furcoides* de las muestras del embalse Canelón Grande utilizadas para realizar los ensayos de movilidad de *C. furcoides* con KMnO_4 .

Fecha extracción muestra	Temp (°C)	Turbidez (NTU)	Oxidabilidad ($\text{mg l}^{-1} \text{O}_2$)	<i>Ceratium</i> (org ml^{-1})
25/01/2017	-	50	-	81
06/02/2017	23.8	61	13	598
03/03/2017	27.1	51	20	125
10/03/2017	22.6	54	14.4	732

2.2 Ensayo de decantación de *Ceratium furcoides*

Una vez hallada la dosis óptima de KMnO_4 se realizaron nuevos ensayos de jarras, pero esta vez simulando todas las etapas del proceso de potabilización hasta la decantación (Tabla 2). Se utilizaron 6 jarras, en cada una se agregó dos litros de agua del embalse de Canelón Grande y se evaluaron tres concentraciones de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: 70, 90 y 110 mg l^{-1} y una de polielectrolito (Tabla 3). Para cada concentración se realizó un tratamiento con 1.5 mg l^{-1} de KMnO_4 y un control sin KMnO_4 (Tabla 3). Luego de los ensayos se tomó una muestra del agua decantada de cada jarra para cuantificación de turbiedad, *C. furcoides*, % movilidad y % de organismos con contenido

celular expulsado. Para esto las muestras se sedimentaron en cámaras de Utermöhl de 10 ml y luego fueron observadas al microscopio óptico.

Tabla 2. Etapas del proceso de potabilización simuladas en el equipo de Jar-Test con su correspondiente tiempo y agitación

Etapas	Agitación (rpm)	Tiempo (min)
Contacto con KMnO_4	50	5
Coagulación	250	2
Floculación mecánica	50	15
Floculación hidráulica	20	20
Decantación	0	20

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los ensayos de inmovilización evidenciaron para todos los experimentos organismos con motilidad positiva en las jarras que contenían concentraciones de 0.5 y 1 mg l^{-1} de KMnO_4 y en el control. En la jarra con concentración de KMnO_4 de 1.5 mg l^{-1} la mayoría de los organismos se encontraron inmóviles, aunque en un experimento (03/03/2017) se visualizaron organismos con su contenido expulsado (Figura 2). A partir de una concentración de 2 mg l^{-1} de KMnO_4 no se registró movilidad en los organismos. Sin embargo, a partir de esta concentración se observaron organismos con su contenido expulsado en todos los experimentos. A su vez, en estos últimos dos tratamientos se pudo observar un leve color rosado en el agua debido al KMnO_4 . En función de estos resultados la dosis máxima recomendada de KMnO_4 , sin que rompa al organismo (y por tanto sean liberados los metabolitos productores de olor y sabor) ni coloree el agua fue $< 1.5 \text{ mg l}^{-1}$.

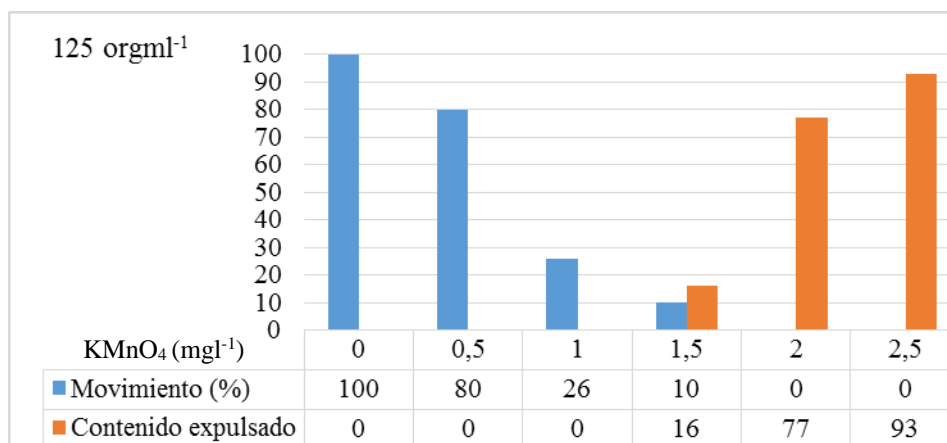


Figura 2. Porcentaje de movilidad (barra azul) y de organismos con contenido celular expulsado (barra roja) de *Ceratium furcoides*, con distintas dosis de KMnO_4 . El agua contenía una abundancia inicial de *Ceratium furcoides* de 125 org ml^{-1} .

Las pruebas de decantación con sulfato de aluminio indicaron que únicamente ajustando la dosis óptima de este (110 mg l^{-1} de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en este caso) se llega a porcentajes altos de remoción del alga ($> 90\%$) sin utilizar KMnO_4 (Tabla 3). Igualmente la utilización de KMnO_4 ayuda a elevar aún más este porcentaje. Cuando no se utilizó la dosis óptima de coagulante los porcentajes de remoción del alga sin KMnO_4 se redujeron sustancialmente y en ese caso la utilización del preoxidante tuvo un efecto significativo llegando a un porcentaje de decantación $> 95\%$ (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de KMnO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y polielectrolito (Poli), turbiedad del agua decantada (Turbiedad 20') abundancia de *Ceratium furcoides* (*C.furcoides*) y porcentaje de reducción de *Ceratium furcoides* (% remoción *C.furcoies*) para las seis jarras del ensayo de decantación de *C.furcoides*. En gris están resaltadas las dos jarras con mayor porcentaje de remoción del alga y menor turbiedad de agua decantada.

	KMnO_4 (mg l^{-1})	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (mg l^{-1})	Poli (mg l^{-1})	Turbiedad 20' (NTU)	<i>C.furcoides</i> (org ml^{-1})	% remoción <i>C.furcoides</i>
Jarra 1	-	70	0.3	4,3	721	10
Jarra 2	1,5	70	0.3	2,3	209	74
Jarra 3	-	90	0.3	1,9	226	71
Jarra 4	1,5	90	0.3	1,5	153	80
Jarra 5	-	110	0.3	1,5	30	96
Jarra 6	1,5	110	0.3	1	3	99

Los ensayos efectuados permitieron analizar y discutir distintas estrategias de tratamiento en caso de un posible impacto de una floración de *C.furcoides* en la Usina de Aguas Corrientes. Como perspectivas se plantea aumentar el tiempo de contacto del preoxidante con el organismo para poder disminuir las dosis óptimas del mismo y realizar estos ensayos a una mayor escala (ej. escala piloto). Por último, según la normativa vigente no se permite una concentración mayor a 0.1 mg l^{-1} de Mn en el agua elevada [15], por lo que es importante la evaluación de la concentración de este elemento a lo largo del tratamiento. Debido a que *C.furcoides* posee facilidad de colonizar y perseverar en el ambiente, su continuo monitoreo y la evaluación de distintas estrategias de remoción en usinas de potabilización son deseables y necesarias.

4 AGRADECIMIENTOS

A Rossana Quiñones por la ayuda con los ensayos de Jarras y a Laboratorio UUM por la preparación de reactivos y análisis de oxidabilidad.

5 REFERENCIAS

- [1] Gómez, F. (2013). Reinstatement of the dinoflagellate genus *Tripos* to replace *Neoceratium*, marine species of *Ceratium* (Dinophyceae, Alveolata). *CICIMAR Oceanides*, 28(1): 1-22.
- [2] Reynolds C. S. (2006). *Ecology of phytoplankton. Ecology, biodiversity and conservation*. Cambridge University Press.
- [3] Cavalcante, K. P., Cardoso, L. S., Sussella, R. & Becker, V. (2016). Towards a comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasion in Brazilian freshwaters: autecology of *C. furcoides* in subtropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 771(1): 265-280
- [4] Meichtry de Zaburlin, N., Vogler, R. E., Molina, M. J. & Llano, V. M. (2016). Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, 1925 (Dinophyta) in South America. *Journal of Phycology*, 52(2): 200-208
- [5] Bordet, F., M. S. Fontanarrosa & I. O'Farrell. (2017). Influence of light and mixing regime on bloomforming phytoplankton in a subtropical reservoir. *River Research and Applications*, 33(8), 1315-1326.
- [6] Gilmet, H. (2015). Introducción y concepto general, in: Schelotto, S., J. Freitas, H. Gilmet, J. Taks & A. Soba (eds.). Atlas de la cuenca del río Santa Lucía de la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial, Pp. 009-017. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento territorial y Medio Ambiente, Montevideo.
- [7] Nicholls, K. H., Kennedy, W. & Hammet, C. (1980). A fish-kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). *Freshwater Biology*, 10(6): 553-561
- [8] van Ginkel, C. E., Hohls, B. C. & Vermaak, E. (2001). A *Ceratium hirundinella* (O. F. Muller) bloom in Hartbeespoort Dam, South Africa. *Water SA*, 27(2): 269-276.
- [9] American Water Works Association (Ed.). (2010). *Algae: Source to Treatment. Manual of water supply practices – M57*. Denver. CO.
- [10] Palmer, M. (1980). *Algae and water pollution: Identification significance and control of algae in water supplies and in polluted water*. 2ª Ed. Castell House. England.
- [11] Ewerts, H., Barnard, S., Swanepoel, A. (2016). Laboratory-scale simulations with hydrated lime and organic polymer to evaluate the effect of pre-chlorination on motile *Ceratium hirundinella* cells during conventional water treatment. *Water SA*, 42: 270-278.
- [12] Busso, F., & Ferretti, S. (agosto, 2002). Algas y sus efectos sobre el tratamiento: Experiencias en Aguas Cordobesas S.A. Trabajo presentado en el XIX Congreso Nacional del Agua, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- [13] Petrusevski B., Van Breemen A., Alaerts, G.J. (1996). Effect of permanganate pre-treatment and coagulation with dual coagulants on algae removal in direct filtration. *J Water SRT- Aqua*, 45(5) 316-326.
- [14] Ríos, D. 2006. *Riesgos biológicos y subproductos de la desinfección en el agua de bebida*. Montevideo: Talleres Don Bosco.
- [15] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (Uruguay). (2008). UNIT 833: Agua potable. Requisitos. Montevideo: UNIT.