

***Ceratium furcoides* (Dinophyceae): UN DINOFLAGELADO INVASOR EN UN EMBALSE ALTO ANDINO ECUATORIAL EN COLOMBIA**

***Ceratium furcoides* (Dinophyceae): AN INVASIVE DINOFLAGELLATE IN AN EQUATORIAL HIGH ANDEAN RESERVOIR IN COLOMBIA**

Juan Carlos Jaramillo-Londoño¹

¹Biólogo, Dr. en Biología, Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales, Facultad de Ingenierías. Universidad de Medellín, Apartado Aéreo 1983, Fax (57-4)3405216. Medellín. Colombia; mail: jcjaramillo@udem.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 21(1): 265-269, Enero-Junio, 2018

<https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.686>

INTRODUCCIÓN

Los dinoflagelados del género *Ceratium* Schrank son habitantes frecuentes en muchos cuerpos de agua de regiones templadas de países, como Gran Bretaña, Canadá, Alemania, Hungría, Japón, Rumania, España, Suecia y Estados Unidos (Nicholls *et al.* 1980; Hickel, 1985; Lindström, 1992; Wu & Chou, 1998; Caraus, 2012), en regiones subtropicales de Sudáfrica y de Australia (Whittington *et al.* 2000) y desde 1997, se han encontrado altas densidades en cuerpos de agua tropicales y subtropicales de Sudamérica, principalmente, en Argentina, en el sur de Brasil, en Chile y en Bolivia (Guerrero & Echenique, 1997; Mac Donagh *et al.* 2005; Santos-Wisniewski *et al.* 2007; Matsumura-Tundisi *et al.* 2010; Oliveira *et al.* 2011; Boltovskoy *et al.* 2013; Cavalcante *et al.* 2013; 2016; Moreira *et al.* 2015; Almanza *et al.* 2016; Mariñelarena *et al.* 2016; Morales, 2016).

C. hirundinella y *C. furcoides* son especies similares, en cuanto a su contorno y tamaño y se pueden confundir entre sí. Una manera de distinguirlos es por la longitud de la placa 4'; mientras que en *C. furcoides* es muy corta y alcanza aproximadamente un tercio del cuerno apical, en *C. hirundinella* es mucho más larga y alcanza el ápice de la célula (Calado & Larsen, 1997). En este estudio, los especímenes examinados tenían una placa 4' corta, que corresponde a *C. furcoides* (Figura 1).

En Colombia, llama la atención que *C. furcoides* ha sido encontrada, hasta el presente, en cuerpos de agua por encima de los 2.000 msnm; los primeros reportes fueron publicados por Ramírez *et al.* (2005), en el embalse de La Fe, ubicado a 2.155 m s. n. m. Algunos años después, Bustamante *et al.* (2012) informaron de la presencia de *C.*

furcoides en el embalse de Riogrande II, ubicado a 2.250 m s. n. m. En el presente trabajo, se reporta una floración de *C. furcoides* en otro embalse ecuatorial alto andino, el Embalse La García, ubicado en la región central del Departamento de Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Embalse La García, se encuentra a 20km al norte de Medellín y a 2.416 m s. n. m., en la región central del Departamento de Antioquia (6°21'45"N y 75°36'21"W). En esta zona, el clima es frío, la temperatura del aire oscila entre los 12 y los 16°C. Se trata de un típico embalse alto andino ecuatorial, ubicado en una zona, con dos estaciones lluviosas muy marcadas, la primera de ellas, entre abril y junio y, la segunda, entre septiembre y noviembre, determinada, principalmente, por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Las estaciones secas son de diciembre a marzo y de julio a agosto y la primera temporada es más seca que la segunda.

Las tres muestras fueron tomadas entre las 10:00 y las 15:00 horas, el 17 de junio, el 1 de agosto y 11 de septiembre de 2014, respectivamente, en una única estación (6°21'41.61"N y 75°36'2.74"W), de 11m de profundidad, ubicada en cercanías al sitio de presa. La empresa Fabricato S.A. suministró los datos mensuales de precipitación. En cada visita, se utilizó un termómetro de mercurio, para medir la temperatura del aire y se midió la transparencia de la columna de agua, usando un disco Secchi de 20cm de diámetro, con bandas blancas y negras alternadas. A cada metro de profundidad, desde la superficie al fondo de la columna de agua, se realizaron perfiles verticales de temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos

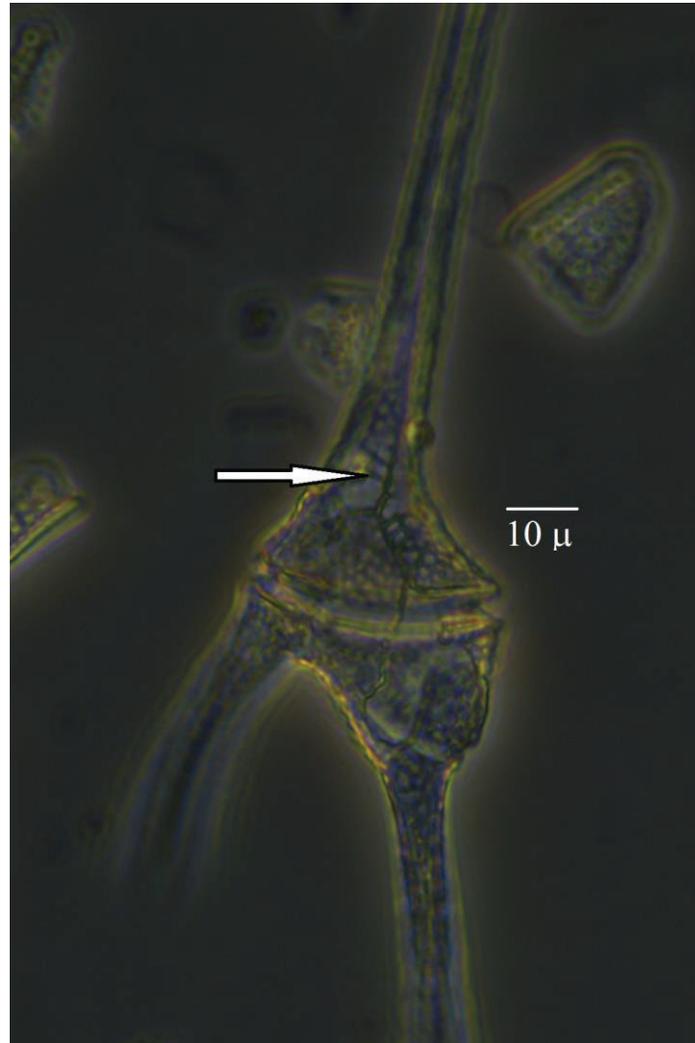


Figura 1. *C. furcoides* presente en el embalse la García, la flecha señala la placa 4'.

disueltos totales y pH usando un multiparámetro portátil Hach® modelo HQ40D.

Las muestras de fitoplancton fueron tomadas a cinco profundidades (subsuperficie, mitad de la zona fótica, límite de la zona fótica, mitad de la columna de agua y el fondo), usando una botella muestreadora de 10L de capacidad. Cada muestra recogida se filtró, a través de una red de plancton, con malla de 30 μ m y se preservó con una solución de lugol al 10%; las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Limnología de la Universidad de Medellín para su identificación y conteo. La densidad numérica, como ind/L de *C. furcoides*, se estimó contando alícuotas de 1mL de las muestras fijas, en una celda de recuento Sedgwick-Rafter, bajo un microscopio óptico Olympus® modelo CX23,

con objetivo de 10X. El material recogido en este trabajo está depositado en el Laboratorio de Limnología de la Universidad de Medellín.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de estudio, los niveles mensuales de precipitación superaron los 140mm. La temperatura del aire, se mantuvo entre 19 y 23°C. La zona eufótica no superó los 3m de profundidad. La temperatura del agua fue inferior a 22°C. La transparencia, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos fueron bajos, el pH era alcalino y el oxígeno disuelto en la superficie del embalse fue alto (Tabla 1).

Tabla 1. Variables medidas en el embalse La García en una estación cercana al sitio de presa durante los tres muestreos realizados.

Variable	Muestreo 1 (17.06.2014)	Muestreo 2 (01.08.2014)	Muestreo 3 (11.09.2014)
Precipitación mensual (mm)	142	65	180
Temperatura del aire (°C)	23	20	19
Temperatura del agua (°C) Sup	22	19	17
Temperatura del agua (°C) Fon	19	17	16
Transparencia (m)	1,1	0,9	0,8
pH	10,9	9,8	8,4
Conductividad eléctrica (µS/cm)	50,9	47,6	37,4
Oxígeno disuelto (mg/L) Sup	8,3	11,9	5,0
Oxígeno disuelto (mg/L) Fon	3,3	1,8	1,3
Sólidos totales disueltos (mg/L)	26,8	18,8	21,9
Densidad total <i>C.furcoides</i> (ind/L)	22322	74839	111236
Densidad <i>C.furcoides</i> (ind/L) Sup	2989	25864	6636
Densidad <i>C.furcoides</i> (ind/L) MZF	16225	25040	52936
Densidad <i>C.furcoides</i> (ind/L) LZF	2366	17503	40196
Densidad <i>C.furcoides</i> (ind/L) Fon	10	1320	4472

Sup: superficie; MZF: Mitad de la zona fótica; LZF: Límite de la zona fótica; Fon: Fondo.

La temperatura y el oxígeno disuelto en la columna de agua mostraron un perfil clinógrado, revelando una ligera estratificación térmica y una drástica caída de oxígeno disuelto en el fondo (Tabla 1).

En el embalse La García, la población de *C. furcoides* alcanzó una densidad total de 208397 ind/L. Las densidades más altas, se encontraron hacia la mitad de la zona fótica (94201 ind/L), donde los niveles de luz son menores y las densidades más bajas, hacia el fondo del embalse (5802 ind/L).

Las densidades de *C. furcoides* halladas son mayores cuando se comparan con las densidades reportadas por Bustamante *et al.* (2012), en el embalse de Riogrande II (41213 ind/L) y superior a las densidades registradas en otros embalses del continente sudamericano. En el embalse de Furnas, Silva *et al.* (2012) reportaron densidades de 28564 ind/L y en el Yaciretá, Meichtry *et al.* (2014) informaron densidades de 15000 ind/L; sin embargo, los valores encontrados en el embalse La García son inferiores comparados con los reportados por Matsumura-Tundisi *et al.* (2010), en el embalse Billings, donde encontraron densidades superiores a 535209 ind/L. Estas altas densidades halladas han sido relacionadas con procesos de eutrofización en estos embalses; no obstante, se hace necesario realizar un estudio más detallado para establecer realmente cuál es el estado trófico del embalse La García y cuál es su relación con la población de *C. furcoides* presente.

Los individuos de *C. furcoides* pueden alterar su posición vertical en la columna de agua nadando, lo que les permite mantener una profundidad óptima en términos de luz, concentración de oxígeno y nutrientes (Whittington *et al.* 2000). *C. furcoides* evita entornos anóxicos y altas intensidades de luz superficial; es por ello, que se encontraron las densidades más altas de *C. furcoides* en el centro de la zona fótica (Tabla 1). Esta especie tiende a alejarse de las capas más profundas del embalse, donde las concentraciones de oxígeno disuelto fueron más bajas (< 3,3 mg/L), así como en un conglomerado en capas de agua donde recibe, al menos, el 50% de la luz incidente en la superficie y donde las concentraciones de oxígeno disuelto son más altas (> 7,0 mg/L).

Claramente, los primeros reportes de la presencia de esta especie ocurrieron en regiones templadas en el Hemisferio Norte, después la especie alcanzó la región tropical y subtropical en el Hemisferio Sur, principalmente, en América del Sur y de ahí se expandió, gradualmente, hacia la Zona Andina Ecuatorial (Moreira *et al.* 2015; Cavalcante *et al.* 2016; Meichtry *et al.* 2016). La rápida dispersión y el establecimiento de esta especie pueden estar asociadas a rasgos considerados comunes a los organismos invasores, como son sus altas tasas de crecimiento, una alta eficiencia en la utilización de los recursos disponibles y una capacidad competitiva superior a la de las especies nativas, cuando las condiciones locales varían. Su gran tamaño evita la depredación por parte del zooplancton, la presencia de

flagelos le permite realizar migraciones a estratos profundos ricos en nutrientes en diferentes momentos del día, así como cambiar su distribución con respecto a los gradientes de luz. Con la formación de quistes que se sedimentan pueden sobrevivir en condiciones ambientales extremas y mantenerse quiescentes durante largos períodos de tiempo, de esta manera, cumplen un importante papel ecológico, como fuente de inóculo de floraciones recurrentes de esta especie (Matzuoka & Fukuyo, 2000). Todas estas características morfológicas y ecofisiológicas definen el éxito de la especie, para su permanencia en este embalse.

Un paso importante para poder entender la distribución de *C. furcoides* es estudiar su potencial de dispersión pasivo y los factores que pueden hacer un evento de dispersión efectivo, permitiendo la colonización de un nuevo ecosistema, en el que las condiciones limnológicas y climáticas son apropiadas para su crecimiento. Actualmente, no es posible establecer cómo llegó esta especie a Colombia; sin embargo, puede estar asociado a modificaciones del régimen hidrológico, a cambios en la calidad del agua o al transporte de sus estados de resistencia (quistes) por aves, por insectos acuáticos o por intervención antrópica. Por otro lado, se hace necesario realizar un trabajo mucho más detallado y prolongado, con el fin de establecer la dinámica de la población de este dinoflagelado y determinar cuál es el efecto que su población está ocasionando sobre la comunidad planctónica, en este cuerpo de agua.

Agradecimientos: El autor desea agradecer a Jorge Sanabria Agudelo por su colaboración, a la empresa Fabricato S.A., por el permiso otorgado para la realización de los muestreos y a los revisores anónimos, quienes con sus comentarios contribuyeron a mejorar el manuscrito. **Conflicto de Intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado por el autor, quien declara que no existe conflicto de intereses, que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMANZA, V.; BICUDO, C.E.M.; PARRA, O.; URRÚTIA, R. 2016. Características morfológicas y limnológicas de las floraciones de *Ceratium furcoides* (Dinophyta) en un lago somero de Chile Central. *Limnética*. 35(1):253-268.
- BOLTOVSKOY, A.; ECHENIQUE, R.; GUERRERO, J.M. 2013. Sucesivas invasiones de especies de *Ceratium* (Dinophyceae) en Sudamérica: un proceso que lleva dos décadas. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48:27.
- BUSTAMANTE, C.; RAMÍREZ, J.J.; BOLTOVSKOY, A.; VALLEJO, A. 2012. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. *Acta Limnol. Bras.* 24(2):207-219.
- CALADO, A.J.; LARSEN, J. 1997. On the identity of the type species of the genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae), with notes on *C. hirundinella*. *Phycologia*. 36(6):500-505.
- CARAUS, I. 2012. Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. Version 2.3. Third revision. Bacau: Univ. Bacau.
- 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.
- CAVALCANTE, K.P.; ZANOTELLI, J.C.; MÜLLER, C.C.; SCHERER, K.D.; FRIZZO, J.K.; LUDWIG, T.A.V.; CARDOSO, L.S. 2013. First record of invasive *Ceratium* (Schrank, 1793) species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. *Check List*. 9(4):862-866.
- GUERRERO, J.; ECHENIQUE, R. 1997. *Ceratium hirundinella* blooms in Argentine reservoirs. *Harmful Algae News*. 16:3.
- HICKEL, B. 1985. The population structure of *Ceratium* in a small eutrophic lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:2845-2849.
- LINDSTRÖM, K. 1992. *Ceratium* in Lake Erken: vertical distribution, migration and form variation. *Nord. J. Bot.* 12(5):541-556.
- MAC DONAGH, M.E.; CASCO, M.A.; CLAPS, M.C. 2005. Colonization of a Neotropical Reservoir (Córdoba, Argentina) by *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Bergh. *Ann. Limnol-Int. J. Lim.* 4(4):291-299.
- MARIÑELARENA, A.; MAC DONAGH, M.E.; DONADELLI, J.; CASCO, M.A. 2016. Un caso inusual de eutrofización en el embalse río Tercero: El posible rol de dos bioinvasores. *Biología Acuática*. 31:10-18.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; LÚZIA, A.P.; DEGANI, R.M. 2010. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the

- Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.* 70(3):825-829.
14. MATZUOKA, K.; FUKUYO, Y. 2000. Technical guide for modern dinoflagellate cyst study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. 78p.
 15. MEICHTRY, N.; BOLTOVSKOY, A.; ROJAS, C.; RODRÍGUEZ, R.M. 2014. Primer registro del dinoflagelado invasor *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacyretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). *Limnetica*. 33(1):153-160.
 16. MEICHTRY, N.M.; VOGLER, R.E.; MOLINA, M.J.; LLANO, V.M. 2016. Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyta) in South America. *J. Phycol.* 52(29):200-208.
 17. MORALES, E.A. 2016. Floración de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinoflagellata, Dinophyceae) en la represa de La Angostura, Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*. 7(4):389-398.
 18. MOREIRA, R.A.; ROCHA, O.; SANTOS, R.M.; LAUDARES-SILVA, R.; DIAS, E.S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. 2015. First record of *Ceratium furcoides* (Dinophyta), an invasive species, in a temporary high-altitude lake in the Iron Quadrangle (MG, Southeast Brazil). *Braz. J. Biol.* 75(1):98-103.
 19. NICHOLLS, K.M.; KENNEDY, W.; HANNET, C. 1980. A fish kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). *Freshwater Biol.* 10(6):553-561.
 20. OLIVEIRA, H.S.B.; MOURA, A.N.; CORDEIRO-ARAÚJO, M.K. 2011. First record of *Ceratium* Schrank, 1973 (Dinophyceae: Ceratiaceae) in freshwater ecosystems in the semiarid region of Brazil. *Check List*. 7(5):626-628.
 21. RAMÍREZ, J.J.; GUTIÉRREZ, F.L.; VARGAS, A. 2005. Respuesta de la comunidad fitoplanctónica a experimentos de eutrofización artificial realizados en la represa La Fe, El Retiro, Antioquia, Colombia. *Caldasia*. 27(1):103-115.
 22. SANTOS-WISNIEWSKI, M.J.; SILVA, L.C.; LEONE, I.C.; LAUDARES-SILVA, R.; ROCHA, O. 2007. First Record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas reservoir, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.* 67(4):791-793.
 23. SILVA, L.C.; LEONE, I.C.; SANTOS-WISNIEWSKI, M.J.; PERET, A.C.; ROCHA, O. 2012. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. *Biota Neotrop.* 12(2):1-8.
 24. WHITTINGTON, J.; SHERMAN, B.; GREEN, D.; OLIVER, R.L. 2000. Growth of *Ceratium hirundinella* in a subtropical Australian reservoir: the role of vertical migration. *J. Plankton Res.* 22(6):1025-1045.
 25. WU, J.T.; CHOU, J.W. 1998. Dinoflagellate associations in Feitsui Reservoir. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 39(2):137-145.

Recibido: Diciembre 12 de 2017

Aceptado: Marzo 24 de 2018

Cómo citar:

Jaramillo-Londoño, J.C. 2018. *Ceratium furcoides* (Dinophyceae): un dinoflagelado invasor en un embalse alto andino ecuatorial en Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 21(1): 265-269.