

Universo Tucumano

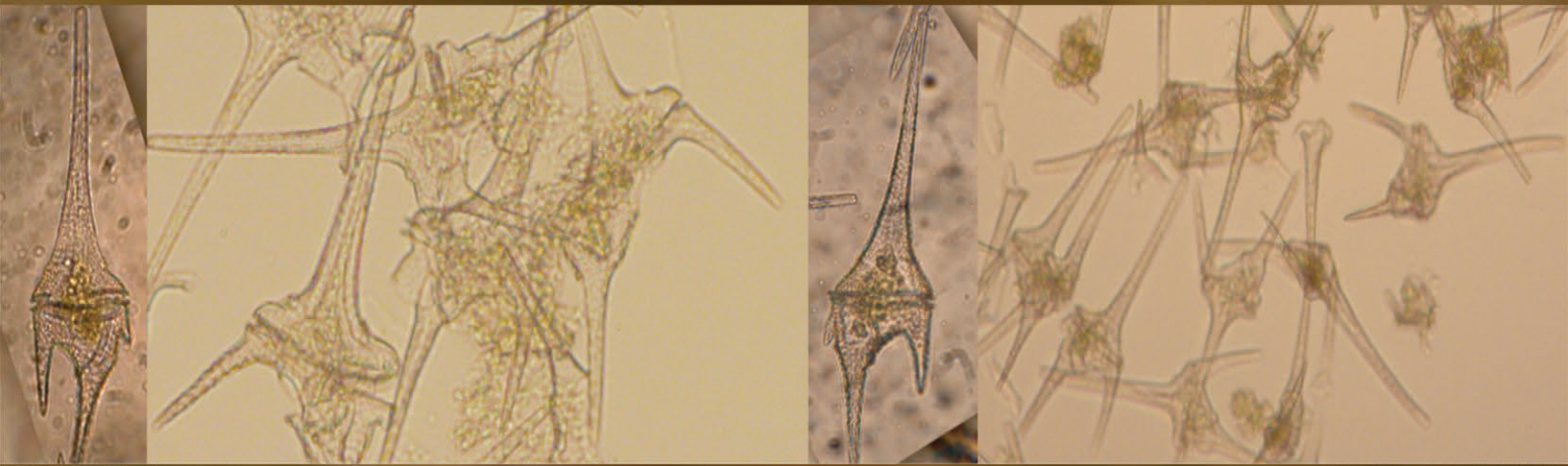
Cómo, cuándo y dónde de la naturaleza tucumana, contada por los lilloanos

Gustavo J. Scrocchi, Claudia Szumik
— Editores —

72

Ceratium hirundinella, C. furcoides Algas invasoras en sistemas acuáticos

María de los Ángeles Taboada, María Soledad Bustos, Virginia Mirande



Universo Tucumano N° 72

Febrero / 2021

ISSN 2618-3161

Los estudios de la naturaleza tucumana, desde las características geológicas del territorio, los atributos de los diferentes ambientes hasta las historias de vida de las criaturas que la habitan, son parte cotidiana del trabajo de los investigadores de nuestras Instituciones. Los datos sobre estos temas están disponibles en textos técnicos, específicos, pero las personas no especializadas no pueden acceder fácilmente a los mismos, ya que se encuentran dispersos en muchas publicaciones y allí se utiliza un lenguaje muy técnico.

Por ello, esta serie pretende hacer disponible la información sobre diferentes aspectos de la naturaleza de la provincia de Tucumán, en forma científicamente correcta y al mismo tiempo amena y adecuada para el público en general y particularmente para los maestros, profesores y alumnos de todo nivel educativo.

La información se presenta en forma de fichas dedicadas a especies particulares o a grupos de ellas y también a temas teóricos generales o áreas y ambientes de la Provincia. Los usuarios pueden obtener la ficha del tema que les interese o formar con todas ellas una carpeta para consulta.

Fundación Miguel Lillo CONICET – Unidad Ejecutora Lillo

Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina
www.lillo.org.ar

Dirección editorial:

Gustavo J. Scrocchi – Fundación Miguel Lillo y Unidad Ejecutora Lillo
Claudia Szumik – Unidad Ejecutora Lillo (CONICET – Fundación Miguel Lillo)

Editoras Asociadas:

Patricia N. Asesor – Fundación Miguel Lillo
María Laura Juárez – Unidad Ejecutora Lillo (CONICET – Fundación Miguel Lillo)

Diseño y edición gráfica:

Gustavo Sanchez – Fundación Miguel Lillo

Editor web:

Andrés Ortiz – Fundación Miguel Lillo

Imagen de tapa:

Embalse Escaba, Dpto. Alberdi, Tucumán.
Fotografías: Rodrigo Delgado y M. de los Á. Taboada

Derechos protegidos por Ley 11.723

Tucumán, República Argentina

Universo Tucumano

Cómo, cuándo y dónde de la naturaleza tucumana, contada por los lilloanos

G. J. Scrocchi, C. Szumik, P. N. Asesor, M. L. Juárez

— Cuerpo editorial —

72

Algas invasoras en sistemas acuáticos

Ceratium hirundinella

Ceratium furcoides

María de los Ángeles Taboada^{1,2}

María Soledad Bustos¹

Virginia Mirande¹

¹ Fundación Miguel Lillo.

² Unidad Ejecutora Lillo.

División **Dinophyta**

Clase **Dinophyceae**

Orden **Peridinales**

Género **Ceratium**

Los dinoflagelados se incluyen dentro del grupo de las algas, son microorganismos autótrofos (*autos* = propio; *trophe* = nutrición, alimento), es decir que producen su propio alimento a partir de compuestos inorgánicos.

La mayoría de los dinoflagelados son unicelulares y llevan flagelos (apéndice móvil que puede tener forma de látigo) que les permiten realizar movimientos de nado rotacional (Figura 1). También puede haber formas inmóviles (sin flagelos) y algunas pueden ser coloniales (agrupación de células en forma circular o desorganizada) o filamentosas (las células se ubican una a continuación de la otra, formando como si fuera una hilera). Poseen clorofila *a* y *c2*, que son pigmentos, en este grupo la clorofila se encuentra enmascarada o cubierta por pigmentos accesorios de color amarillo

y marrones que les brindan a las células una coloración verde-amarronada. Estos pigmentos los utilizan para captar la energía solar durante el proceso de fotosíntesis, el cual permite la transformación de la materia inorgánica en materia orgánica y al mismo tiempo convierten la energía solar en energía química.

La célula está dividida por un surco transversal o cíngulo en un epicono (parte superior) y un hipocono (parte inferior). En el caso del género *Ceratium*, se produce una expansión de la célula, particularmente de la epicono e hipocono a modo de “cuernos”.

El género fue descrito por Franz von Paula Schrank (1747-1835), jesuita, naturalista, alemán y su nombre proviene del griego, diminutivo de *querat* o *keras* que significa “cuernos”, y se refiere a las proyecciones de las placas tecaes.

Ceratium hirundinella y *C. furcoides* son las más comunes en agua dulce, han sido históricamente confundidas la una con la otra (Calvacante *et al.*, 2016). Son consideradas especies invasoras, y en las últimas décadas han expandido notoriamente su distribución geográfica en Sudamérica (Popovský y Pfiester, 1990). Ambas ocasionan proliferaciones o floraciones peligrosas en ambientes dulceacuícolas.

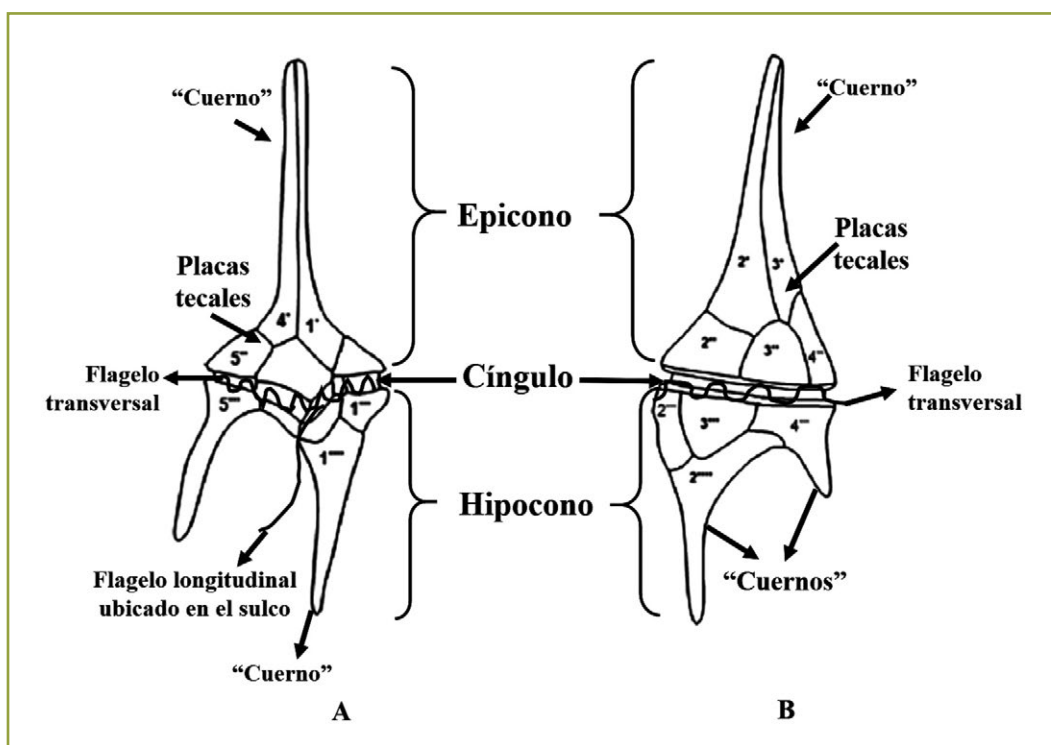


Figura 1. A) Esquema de *C. hirundinella*; B) ilustración de *C. furcoides*; en ambos casos se señalan sus componentes. (Las ilustraciones A y B fueron tomadas y modificadas de Moreira *et al.*, 2015.)

Ceratium hirundinella (O. F. Müller) Dujardin

La especie fue descrita por Otto Frederick Müller (1730-1784), naturalista danés que se dedicó al estudio de la fauna y flora de Dinamarca y Noruega y fue uno de los primeros en estudiar microorganismos y establecer una clasificación de varios grupos de animales. El epíteto específico es el diminutivo en latín *hirundo*, que quiere decir ‘con aspecto semejante a una golondrina’.

La célula es comprimida dorsiventralmente, de color variado entre amarillo-dorado o verde-amarronado. El cuerpo celular está formado por gruesas placas con ornamentaciones reticulares y finas espículas. El epicono termina en un largo cuerno y está formado por cuatro placas apicales que alcanzan el ápice, mientras que el hipocono está formado por tres cuernos antapicales de distinta longitud y amplitud variable entre los mismos (Figura 2A).

Ceratium furcoides (Levander) Langhans

El autor de esta especie fue Kaarlo Mainio Levander (1867-1943), filósofo y biólogo finlandés que se dedicó al estudio de los microorganismos de agua dulce y realizó muchos aportes a la ecología de aguas continentales en su país.

El epíteto específico deriva de la palabra grecolatina “*furca*”, que significa pequeño tenedor u horquilla tripartita, ya que el aspecto de este dinoflagelado se parece a un ‘tenedor’.

Célula aplanada deprimida de color amarillo-dorado. Cuerpo formado por placas con ornamentaciones reticulares. El epicono termina en un cuerno y está formado por cuatro placas antapicales, una de las cuales no alcanza el ápice, mientras que el hipocono presenta dos cuernos antapicales paralelos entre si uno de menor tamaño que el otro (Figura 2B).



Figura 2. Ejemplos de las dos especies de *Ceratium* encontradas en el NOA: A) *Ceratium hirundinella* B) *C. furcoides*. Escala = 10 μ m. Microfotografías: M. de los Á. Taboada.

Distribución de ambas especies



Distribución del género *Ceratium* en Argentina y Tucumán. En color se distinguen las provincias con la presencia de los Dinoflagelados, y, en Tucumán, los departamentos con la presencia de *C. hirundinella*.

La distribución del género es bien conocida para el hemisferio Norte mientras que los datos para el hemisferio Sur son escasos y se comenzaron a ampliar recién en la década del 90. Particularmente en Argentina *C. hirundinella* fue hallado (Thomasson, 1963) en Neuquén, Río Negro y Buenos Aires (Guerrero y Echenique, 1997), y en forma invasiva en embalses y ríos del centro y norte del país (Margalef, 1983; Boltovskoy, 2005; Meichtry *et al.*, 2014). Su presencia fue reportada en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba, San Luis, Catamarca, Salta, Jujuy, Tucumán y Santiago del Estero, ya sea con escasos individuos y/o constituyendo floraciones (Mac Donagh *et al.*, 2005; Silverio *et al.*, 2009, Martínez de Marco, 2018). Cabe resaltar que en varias provincias se encontraron las dos especies y en otras solo una.

Si bien por el momento no es posible precisar el origen de la introducción de los dinoflagelados en la Argentina, suponemos que estaría asociado a una dispersión pasiva a través de distintos tributarios del río Paraná Superior (Brasil) (Santos-Wisniewski *et al.*, 2007; Cavalcante *et al.*, 2013). Se sabe que la colonización de *C. hirundinella* se dio de Sur a Norte, mientras que *C. furcoides* comenzó a desplazarse de Norte a Sur en nuestro país (Boltovskoy *et al.*, 2013).

En numerosos sistemas lénticos (lagos, lagunas) del Noroeste de Argentina se conoce la presencia de una o ambas especies: en Salta, en los embalses Cabra Corral y el Tunal; en Jujuy en los diques la Ciénaga, Catamontaña y los Alisos, en las tres Lagunas de Yala (*Ceratium furcoides*), y en el dique Las Maderas (*C. hirundinella*); en Catamarca en los diques Sumampa y Las Pirquitas; en Santiago del Estero, en embalse de Termas de Río Hondo (*C. hirundinella*: Salusso y Moraña, 2015, Alancay *et al.*, 2018, Silveiro *et al.*, 2009, Seeligmann y Tracanna, 2009; Martínez De Marco *et al.*, 2018).

En nuestra provincia estos dinoflagelados se han encontrado en diversos sistemas, a los que llegarían por los ríos que conforman las cuencas que abastecen a los diques, lagos y lagunas. La presencia de *Ceratium hirundinella* (Figura 3) se ha registrado en los principales embalses: La Angostura, Escaba (Figura 4) y El Cadillal (Figura 5).

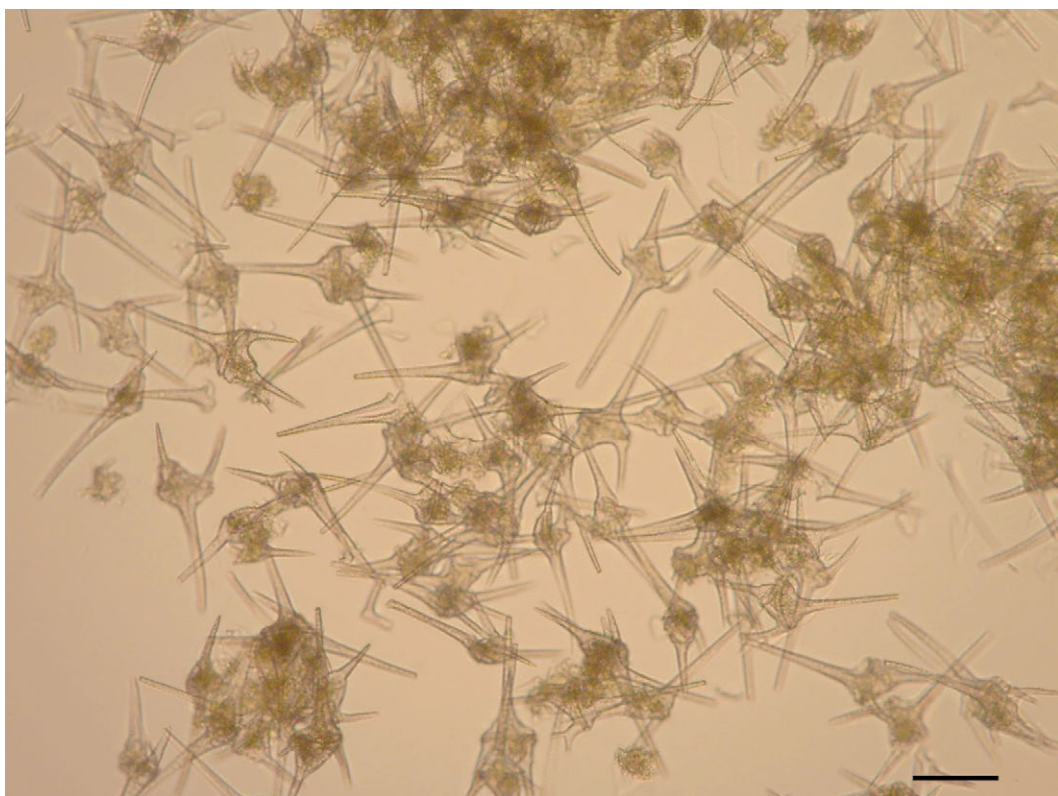


Figura 3. Detalle de una gota de agua con floración de *C. hirundinella*, del Embalse Escaba (Tucumán), observada al microscopio óptico. Escala = 50 μ m.
Microfotografía: M. de los Á. Taboada.



Figura 4. A) Células de *C. hirundinella*. B) Embalse Escaba (Dpto. Alberdi, Tucumán). Fotografías: A) M. de los Á. Taboada, B) Rodrigo Delgado.

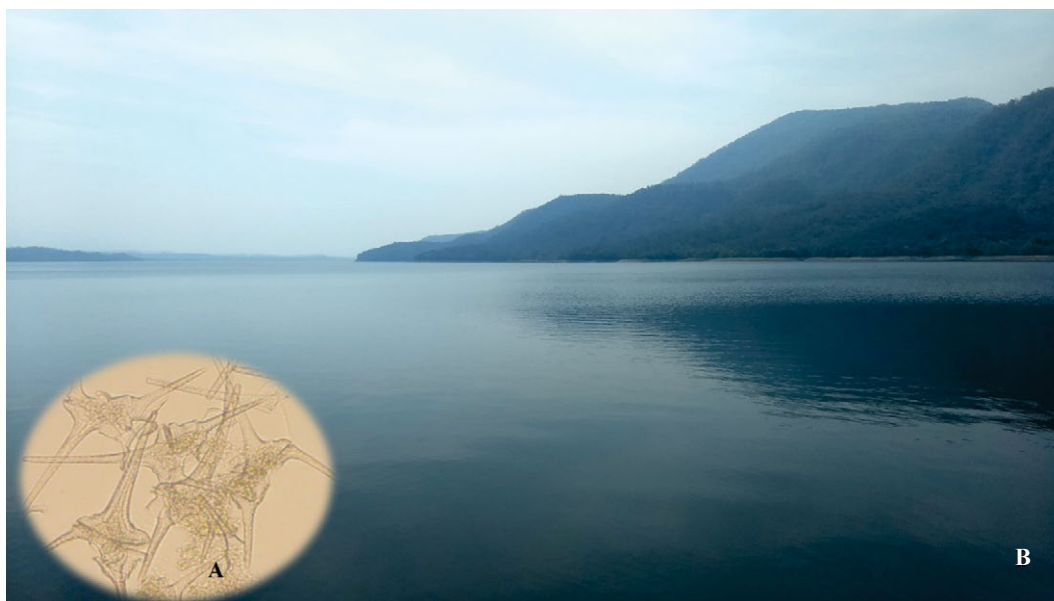


Figura 5. A) *C. hirundinella*. B) Embalse El Cadillal (Dpto. Tafi Viejo, Tucumán).
Fotografías: M. de los Á. Taboada.

Importancia ambiental de los dinoflagelados

En ciertos sistemas acuáticos, como embalses, lagos y lagunas, el contenido de nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, puede incrementarse artificialmente como consecuencia de diversas actividades humanas. Utilizando la cantidad de nutrientes que tienen, se los clasifica desde oligotróficos (baja concentración de nutrientes) a eutrófico o hipereutrófico (con una muy elevada cantidad de nutrientes).

El aporte excesivo de estas sustancias al agua en forma difusa a partir de suelos ricos en fertilizantes producto de las prácticas agrícolas, proviene de la escorrentía superficial, que es la circulación del exceso de agua que no se infiltra en los suelos y va drenando, siguiendo la pendiente del terreno hasta llegar a ríos o lagos. También pueden provenir de aportes puntuales, por ejemplo, de los efluentes industriales y urbanos (saneamiento), tambos, depósitos de basura, entre otros. Esta forma de contaminación artificial del agua por enriquecimiento de nutrientes, y sus efectos en el ecosistema, se denomina eutrofización y es un fenómeno que afecta a cuerpos de agua en todo el mundo (Popovský y Pfiester 1990, Ginkel *et al.*, 2007; Matsumura-Tundisi *et al.*, 2010; Bustamante Gil *et al.*, 2012).

El incremento del transporte terrestre, aéreo y fluvio-marítimo asociado a la era de la globalización, ha permitido la migración de las personas a prácticamente todos los confines del planeta. Asimismo, ha intensificado el comercio internacional y nacional facilitando el transporte accidental o intencional de especies invasoras, que al llegar a un ecosistema foráneo pueden adaptarse y expandirse desplazando rápidamente a las nativas. La

invasión de especies puede producir cambios irreversibles en la composición y estructura de los ecosistemas (Silva *et al.*, 2012).

El género *Ceratium* es cosmopolita (está distribuido en casi todas las regiones del mundo) y pantropical (presente en las regiones tropicales de África, Asia y América), y sus especies han sido reconocidas como invasoras en ambientes dulceacuícolas en Sudamérica (Boltovskoy, 2013; Silva *et al.*, 2012). Aunque no existe aún una explicación detallada sobre su establecimiento en Sudamérica, podría asociarse a cambios climáticos, a modificaciones en el régimen hidrológico y la calidad de las aguas, y sus elevadas abundancias se relacionarían con cambios ambientales y/o acciones antrópicas.

Aunque este género no posee representantes que produzcan toxicidad como es el caso de dinoflagelados marinos productores de mareas rojas, puede ocasionar grandes y notorias floraciones, es decir un crecimiento acelerado de células en muy poco tiempo y las mismas pueden permanecer desde algunos días a todo el año, lo que ocasiona diversas complicaciones ecológicas en los sistemas acuáticos.

Los florecimientos de cualquiera de las especies de *Ceratium* pueden ser perjudiciales para las comunidades de peces y de una de sus fuentes de alimento principal, el zooplancton (animales microscópicos) y también de la comunidad de invertebrados debido a que cuando colapsan las floraciones, su posterior descomposición puede provocar el agotamiento del oxígeno disuelto (Matsumura-Tundisi *et al.*, 2010). Por otro lado, la alta densidad poblacional de dinoflagelados que pueden alcanzar, suele representar un serio problema para el tratamiento del agua destinada al consumo humano, y también altera el valor estético del paisaje y el funcionamiento de obras hidráulicas, con impacto negativo desde el punto de vista ecológico, económico y social (Hart y Wragg, 2009).

Los florecimientos continuos de *Ceratium* modifican la estructura de la comunidad de algas, dado que se vuelven dominantes y ocasionan un “efecto de sombreado” impidiendo que el resto de las otras algas realicen fotosíntesis.

Otra consecuencia nociva de las floraciones es que se libera al agua mucho material orgánico en suspensión proveniente de la descomposición de las células, lo que conlleva a una disminución considerable de la concentración de oxígeno disuelto en el agua. El material orgánico suelto representa un peligro mecánico, debido a que se pueden adherir en las branquias de los peces obstruyendo su respiración y sumado a la baja cantidad de oxígeno podrían ocasionar la muerte de la fauna ictícola (Villanueva Quispe y Pari Quispe, 2020). Eventos de mortandad de peces fueron reportados en varios sistemas del NOA, lo que se relacionaría con las abundantes proliferaciones de los dinoflagelados y la baja en los caudales de estos cuerpos de agua.

Varias investigaciones afirman que las especies invasoras de *Ceratium*, una vez establecidas en los diferentes ambientes, tienden a volverse domi-

nantes y se encuentran siempre presentes a lo largo de las estaciones del año, adaptándose a las variabilidades periódicas a escalas temporales y espaciales (Gil *et al.*, 2012), coincidiendo con lo registrado en los sistemas de Tucumán y del resto de las provincias del NOA. La tendencia observada indica que es preciso un seguimiento profundo del comportamiento de los dinoflagelados, para poder identificar de qué modo la dinámica de sus poblaciones se relaciona con las variaciones de los factores ambientales y antrópicos.

Es necesario promover la difusión y el conocimiento de los florecimientos de dinoflagelados, el relevamiento continuo y el seguimiento del comportamiento dispersivo de estas especies, a mediano y largo plazo en los sistemas acuáticos de nuestra provincia, de manera que se puedan proponer pautas de manejo, preservación y cuidado adecuadas y establecer un sistema de alerta para las épocas de mayor crecimiento de estas microalgas.

Bibliografía citada

- Alancay, G., S. Caldano, F. Asiar, T. Apumaita, L. Flores, E. Torrejon, A. Alfaro, M. Villarroel, y N. Vargas Rodríguez. 2018. Limnología aplicada y diversidad acuática en el sistema interconectado de diques de Jujuy (Argentina). XI Jornadas Científico Técnicas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, 25-27 de octubre de 2018. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. Libro de resúmenes ISBN 978-987-3926-46-4. Pág. 13
- Boltovskoy, A. 2005. *Ceratium hirundinella* Schrank: Un dinoflagelado invasor en lagos y embalses. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40 (Supl.): 9.
- Boltovskoy, A., R. O. Echenique y J. M. Guerrero. 2013. Sucesivas invasiones de especies de *Ceratium* (Dinophyceae) en Sudamérica: un proceso que lleva dos décadas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48: 27.
- Bustamante, C., J. Ramírez, A. Boltovskoy y A. Vallejo. 2012. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Rio grande II, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24 (2): 207-219.
- Calvacante, P. K., Z. J. Conte, C. C. Müller, K. D. Scherer, J. K. Frizzo, T. A. V. Ludwig y C. L. De Souza. 2013. First record of expansive *Ceratium* Schrank, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian Environments. *Check List* 9 (4): 832-866.
- Calvacante, P. K., L. S. Cardoso, R. Sussella y V. Becker. 2016. Towards comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasión in Brazilian freshwaters: autecology o *C. furcoides* in subtropical reservoirs. *Hydrobiologia* 771: 265-280.

- Ginkel, V. C., C. Hongqing, F. Recknagel y D. Plessis. 2007. Forecasting of dinoflagellate blooms in warm-monomictic hypertrophic reservoirs in South Africa by means of rule-based agents. *Water SA.*, 33 (4).
- Guerrero, J. M. y R.O. Echenique. 1997. *Ceratium hirundinella* blooms in Argentine reservoirs. *Harmful Algae News* 16: 3.
- Hart, R. C. y P. D. Wragg. 2009. Recent blooms of the dinoflagellate *Ceratium* in Albert Falls Dam (KZN): History, causes, spatial features and impacts on a reservoir ecosystem and its zooplankton. *Water S.A.*, 35 (4): 455-468.
- Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46, 10-18.
- Lee, R. E. 2018. Phycology. New York: Cambridge University Press
- Mac Donagh, M. E., M. A. Casco y M. C. Claps. 2005. Colonization of a Neotropical Reservoir (Córdoba, Argentina) by *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Bergh. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 41(4): 291-299.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. España.
- Martínez De Marco, S. N., B. C. Tracanna, S. C. Isasmendi, M. del C. Alderete, M. de los A Taboada y V. Mirande. 2018. Evaluación del fitoplancton en el Embalse Escaba (Tucumán – Argentina) para caracterizar la calidad de sus aguas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 53 (4): 521-542.
- Matsumura-Tundisi, T., J. G. Tundisi, A. P. Luzia y R. M. Degani. 2010. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70 (3): 825-829.
- Meichtry, de Z. N., A. Boltovskoy, R. C. Costigliolo y R. M. Rodríguez. 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). *Limnética* 33: 153-160.
- Moreira, R. A., O. Rocha, R. Santos, R. Laudares-Silva, E. Dias, E. Eskinazi-Sant'Anna. 2015. First record of *Ceratium furcoides* (Dinophyta), an invasive species, in a temporary high-altitude lake in the Iron Quadrangle (MG, Southeast Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, vol. 75(1), 98-103.
- Popovský, J. y L. A. Pfiester. 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). In: Süâwasser flora von Mitteleuropa. H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig (ed.): 1-272. Spektrum Akademischer, Heidelberg.
- Revollo, M. 2013. Angostura sufre contaminación por falta de aguas. Periódico Opinión 12/08/2013. <http://www.opinion.com.bo/opinion/articulos/2013/0812/noticias.php?id=102966>
- Salusso, M. M. y L. B. Moraña 2018. Comparative reservoir limnology in Juramento (Salta) and Salí-Dulce (Tucumán) Basins in Argentina. *Revista de Biología Tropical* 66 (1): 415-427.

- Sardain, A., E. Sardain y B. Leung. 2019. Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. *Nat Sustain* 2, 274-282.
- Seeligmann, C. T. y B. C. Tracanna. 2003. Fitoplancton de un embalse de alta cota (Tucumán, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 38 (Supl.): 165.
- Seeligmann, C. y B.C. Tracanna 2009. Dinámica del Fitoplancton en un embalse de alta cota del Noroeste Argentino (Tucumán). *Limnetica*, 28(1): 105-124.
- Silva, L. C., I. C. Leone, M. J. Santos-Wisniewski, A. C. Peret y O. Rocha. 2012. Invasão do dinoflagelado *Ceratium furcoides* (Levander) Lanchans 1925 em um reservatório tropical e sua relação com as variáveis ambientais. *Biota Neotropica*, 12(2): 93-100.
- Silveiro, M.J., G. Montañez, E. Fra, M. Saracho, M. Arjona, S. Amaya y B. Traccanna. 2009. Variación Poblacional de *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae) en Embalses Eutróficos de Catamarca (Argentina) y su relación con Parámetros Ambientales. *Huayllu-Bios* 3: 13-31.
- Thomasson, K. 1963. Araucanian Lakes. *Acta Phytogeographica Suecica*, 47: 1-139.
- Villanueva Quispe, C. y D. Pari Quispe. 2020. Presencia y distribución *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin en la desembocadura del Río Ramis – Lago Titicaca. *Revista De Investigación Universitaria*, 10(1): 316-323.

Sitios web consultados

<https://www.algaebase.org/>

<https://www.ipni.org/>

<https://www.wikidata.org/wiki/Q6148647>

