

## Presencia y distribución *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin en la desembocadura del Río Ramis - Lago Titicaca

### Presence and distribution *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin in the mouth river of the Ramis River – Titicaca Lake

Carmen Villanueva Quispe<sup>1</sup>, Dina Pari Quispe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Continental Puno, Instituto del Mar de Perú, Puno – Perú. Email: nueva94@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Ucayali, Uyacali – Perú. Email: dina\_pari@unu.edu.pe

#### Resumen

*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, es una alga ampliamente distribuida en aguas dulces formando parte del plancton, que se califica como una especie de aguas cálidas que preferentemente se desarrolla en verano. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la presencia y distribución de *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin en la desembocadura del río Ramis (lago Titicaca), en 7 estaciones de muestreo, donde se realizó un arrastre vertical hasta 2 metros de profundidad red fitoplanctonica, las muestras se fijaron en formol al 2%, la identificación, análisis cualitativo y cuantitativo se realizó en el Laboratorio Continental del IMARPE – Puno. Se reporto la presencia de *Ceratium hirundinella* en la desembocadura del rio Ramis en el lago Titicaca. La densidad fue de 2 hasta 314 ind/ml, se detectó correlación positiva con la temperatura del agua y la densidad de este dinoflagelado. Se señala que la misma podría afectar la calidad del agua y ser potencialmente tóxica para las especies nativas e introducidas en el lago Titicaca.

**Palabras clave:** *Ceratium hirundinella*; dinoflagelado; distribución; lago Titicaca; Río Ramis.

#### Abstract

*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, is an algae widely distributed in fresh waters forming part of the plankton, which is qualified as a species of warm water that preferably develops in summer. The objective of the present investigation was to evaluate the presence and distribution of *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin in the mouth of the Ramis river (Titicaca lake), in 7 sampling stations, where a vertical dragging was carried out up to 2 meters deep phytoplankton net, the samples were fixed in 2% formalin, the identification, qualitative and quantitative analysis was carried out in the Continental Laboratory of IMARPE - Puno. It was reported the presence of *Ceratium hirundinella* in the mouth of Ramis River in Titicaca Lake. Density was from 2 to 314 ind/ml, positive correlation was detected with water temperature and density of this dinoflagellate. It is indicated that it could affect the quality of the water and be potentially toxic to native and introduced species in Lake Titicaca.

**Keywords:** *Ceratium hirundinella*; dinoflagellate; distribution; Titicaca lake; Ramis River.

#### Introducción

El Titicaca es el lago más grande de agua dulce en América del Sur, con una superficie de 8300 km<sup>2</sup>, una longitud máxima de 195 km, 285 m de profundidad máxima, y una anchura media de 50 km, es el lago navegable más alto

del mundo a una altitud de 3808 msnm, ubicado en la parte sur del Perú es compartido con el país de Bolivia.

*Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin es una especie originaria de cuerpos de agua temperados y subtropicales del hemisferio

norte (Reynolds 2006; Popovsky y Pfiester 1990). La alta densidad poblacional de esta especie en lagos y reservorios ocasiona serios problemas ecológicos y del uso del agua. Se han registrado casos de muerte de peces por anoxia relacionada a la abundancia de *C. hirundinella*. Además, su presencia en reservorios de agua destinados para el consumo humano ocasiona mal olor y fallas en los filtros de potabilización, con consecuencias económicas negativas.

En las últimas décadas los registros de *Ceratium hirundinella* se han incrementado para Sudamérica, presentándose no solo como componente del fitoplancton en cuerpos de agua lénticos sino también formando floraciones algales (Mac Donagh *et al.* 2005, Silverio *et al.* 2009). De acuerdo a Guerrero & Echenique (1996), reportes previos de *C. hirundinella* para Sudamérica se dieron en el sur del continente, en lagos andinos del suroeste de Argentina y Chile. Posteriormente, *C. hirundinella* empezó a registrarse en zonas menor latitud, llegando a encontrarse en otras localidades de Chile (Villalobos *et al.* 2003) y Argentina (Mac Donagh *et al.*, 2005; Silverio *et al.*, 2009), al sur de Brazil (Cavalcante *et al.* 2013), y en Uruguay (Fabre *et al.* 2010), mostrándose un patrón de dispersión de sur a norte (Cavalcante *et al.* 2013).

En el Perú no existían reportes de *Ceratium hirundinella* para cuerpos de agua continentales. Entre el 2014 y 2015 que *C.*

*hirundinella* es reportado por primera vez para nuestro país, específicamente para el lago Titicaca, indicándose además que es una especie dominante del fitoplancton en la bahía de Puno, junto a cianobacterias y algas verdes como *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing y *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini respectivamente (Komárková *et al.* 2015). Es de resaltar que en el lado peruano del lago Titicaca no existían registros previos de *C. hirundinella* (Dejoux & Iltis 1991), sin embargo, en la parte boliviana ha sido citado sólo el género, sin mencionar especie (Fontúrbel *et al.* 2006).

Gracias a evaluaciones hidrobiológicas en el sur del país, se ha confirmado la presencia del dinoflagelado invasor *Ceratium hirundinella* en el lago Titicaca (Puno) y algunos cuerpos de agua en el departamento de Cusco. Por ello, el presente trabajo tiene por objetivo dar a conocer nuevos registros de esta especie en el Perú, específicamente en el lago titicaca, describiendo además sus caracteres morfológicos y comentando su probable dispersión en otros cuerpos de agua lénticos en el Perú.

## Metodología

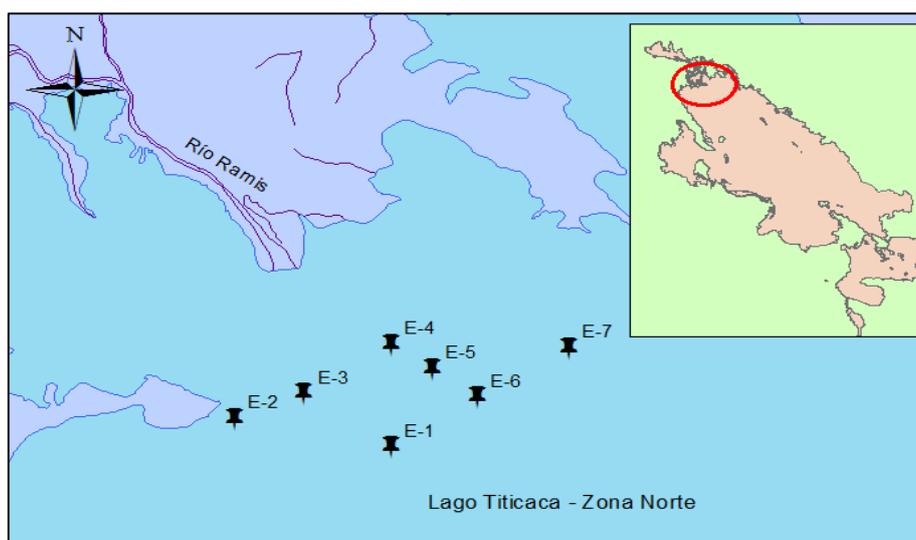
### Zona de estudio

El estudio se realizó en la desembocadura del río Ramis, ubicado en la zona norte del lago Titicaca en el sector peruano, el lago recibe el aporte de agua a través de cuatro ríos

principales, el Ramis que tiene una cuenca de 15870.43 km<sup>2</sup>, conformada por las sub cuenca de los ríos Crucero-Azángaro y Santa Rosa-Ayaviri-Pucará, transporta un caudal promedio de 88.17m<sup>3</sup>/s.

#### Métodos y técnicas de muestreo

El monitoreo limnológico se efectuó durante el mes de agosto 2015, donde se colectó un total de 7 muestras de fitoplancton (Figura 1). Para la obtención de muestras, se realizó un arrastre vertical hasta los 2 metros de profundidad, utilizando una red cónica de 14 cm de diámetro de aro y 20 µm de abertura de malla.



**Figura 1:** Mapa de ubicación de estaciones de muestreo desembocadura del río Ramis, lago Titicaca

Las muestras colectadas fueron fijadas *in situ* con formol al 2%, para se transportadas al laboratorio continental del Instituto del Mar del Perú. El análisis cualitativo y cuantitativo se realizó en el Laboratorio continental de IMARPE – PUNO, en el área limnología; para el análisis cuantitativo se empleó el método de Sedwick Raffter. La determinación de los parámetros fisicoquímicos se realizó siguiendo

metodologías validadas por EPA y APHA (GWW 2010, RM N°. 003-2002-PE).

El análisis estadístico fue descriptivo y para relacionar las variables fisicoquímicas del agua y la densidad de *Ceratium hirundinella*, se utilizó el coeficiente de correlacion no paramétrico de Spearman.

#### Resultados

**Tabla 1**

*Análisis semicuantitativo de Ceratium hirundinella mediante arrastre vertical red de 20 µm, en la desembocadura del río Ramis, zona Norte del lago Titicaca.*

Estación de muestreo	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
TSL (°C)	12.3	12.3	12.4	12.7	12.6	12.5	12.8



<i>Ceratium hirundinella</i>	1	1	2	4	3	4	3
------------------------------	---	---	---	---	---	---	---

0 =Ausente 1=Presente 2 =Escaso 3 =Abundante 4 =Muy Abundante

En la tabla 1, se observa cualitativamente que *Ceratium hirundinella* presentó la menor abundancia en las estaciones de muestreo E1 y E2, estuvo presente en la E3, fue abundante en E5 y E7 y fue muy abundante en la E4 y E6.

La presencia de *Ceratium hirundinella* en la desembocadura del río Ramis en el lago Titicaca, se explica porque en esta zona se produce desde hace varios años la descarga de

aguas contaminadas, tanto por aguas residuales domésticas y de actividad minera, lo que ha producido un deterioro de la calidad del agua, provocando un desequilibrio funcional de este ecosistema; lo cual ha permitido el desarrollo de especies alóctonas como *Ceratium hirundinella* que ha sido reportado también en Argentina bajo similares condiciones (Silverio *et al*, 2009).

**Tabla 2**

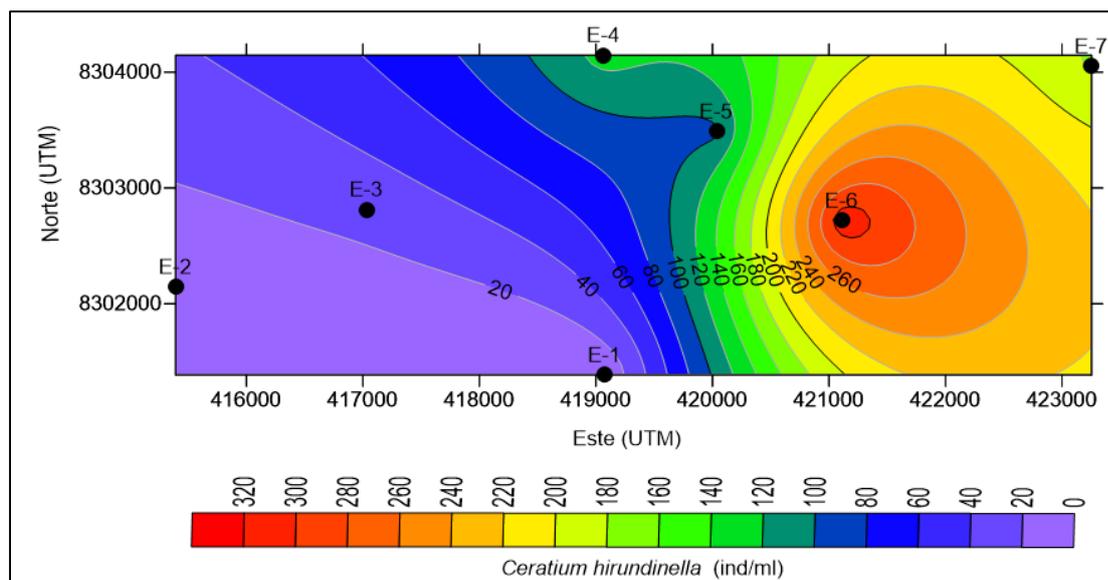
*Análisis cuantitativo de Ceratium hirundinella (ind/ml) mediante arrastre vertical red de 20 um, en la desembocadura del río Ramis, zona Norte del lago Titicaca.*

Estaciones de muestreo	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Prom.
<i>Ceratium hirundinella</i>	2	7	27	128	96	314	178	107.4

Aunque hasta el presente no existe una explicación coherente respecto a la instalación del género *Ceratium* en Sudamérica, esta podría asociarse a cambios climáticos, a modificaciones en el régimen hidrológico y la calidad de las aguas (Meichtry, 2014).

Sin embargo no se pueden descartar como factores de su dispersión el transporte de sus estados de resistencia (quistes) por las aves, insectos acuáticos o la intervención antrópica (Kristiansen, 1996).





**Figura 2:** Mapa de contorno de la densidad de *Ceratium hirundinella* (ind/ml) según estaciones de muestreo en la desembocadura del río Ramis, lago Titicaca.

Por otro lado se conoce que en Sudamérica comenzó a encontrarse ejemplares a partir de los años 90, una vez establecido su dispersión y propagación fue rápida de aproximadamente dos décadas en países como Argentina, Brasil, Chile y Bolivia (Cavalcante *et al*, 2013).

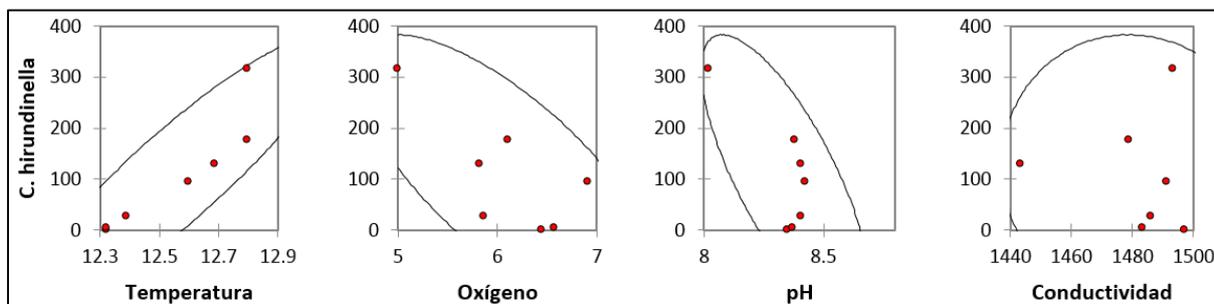
El primer reporte de *Ceratium hirundinella* en Chile fue en un evento de floración en el Lago Llanquihue, se cree que fue introducido por efecto de la actividad salmonera y actualmente ha colonizado gran parte de los lagos Nordpatagónicos y de Chile central, y su dinámica de avance sigue el mismo sentido descrito por Margalef (1983) en lagos europeos, es decir de zonas frías a zonas templadas (Ascencio, 2015). Por lo cual no se descarta la introducción de esta especie por la actividad del cultivo de truchas que es extensiva en el lago Titicaca. En la tabla 2, la

densidad de *Ceratium hirundinella* (ind/ml), señala que su menor densidad se presentó en las estaciones E1 y E2 con 2 a 7 ind/ml, estuvo presente en la E3 con 27 ind/ml, mostró ser abundante en E5 y E7 con 96 y 178 ind/ml respectivamente y presentó su mayor densidad en la E6 y E7 con 314 y 178 indiv/ml, el promedio general para la desembocadura del río Ramis es de 107.4 ind/ml.

En la figura 2, el mapa de contornos de la densidad de *Ceratium hirundinella* señala un primer grupo de estaciones con sólo presencia y escasa densidad entre 2 a 100 ind/ml (E1, E2 y E3), un segundo grupo intermedio en densidad (E4 y E5) y el grupo con mayor densidad E7 y E6. Se observa un afloramiento de este dinoflagelado en la E6, a partir de la cual se produce una dispersión al resto de estaciones de muestreo en el ámbito de estudio.

Se reportó en Argentina una densidad media de 103.67 ind/ml en época seca y de avenida 2565.50 ind/ml (Silverio *et al*, 2009), por lo que las densidades observadas en la

desembocadura del río Ramis (lago Titicaca) son similares (107.4), considerando la altitud (3810 msnm) y la época de estiaje (agosto) en la que se tomaron las muestras.



**Figura 3:** Correlación para parámetros fisicoquímicos y densidad de *Ceratium hirundinella*.

En la figura 3, se muestra el análisis de correlación de Spearman, se obtuvo significancia estadística entre la densidad de *C. Hirundinella* y la temperatura del agua ( $p=0.003$ ), el resto de parámetros fisicoquímicos no mostraron correlación estadística ( $p>0.05$ ).

Para la temperatura del agua se señala un incremento de la densidad de esta especie al incrementar la misma, este efecto se puede interpretar fisiológicamente, pero también puede estar ejerciendo de forma indirecta, al propiciar la mezcla de aguas y con ella, el ascenso de los quistes desde el fondo, lo cual incrementa su densidad en las estaciones de muestreo con una mayor temperatura (Silverio *et al*, 2009).

Respecto al oxígeno disuelto, si bien no se determinó significancia estadística, se observa una relación inversa, esta contradicción puede

deberse a que dichos incrementos por la producción primaria no serían apreciables hasta cierto tiempo después de ocurrido, debido a que la homogeneización de las concentraciones del oxígeno en la columna de agua ocurre producto de la mezcla, ya que el exceso producido en la zona fótica es trasladado a aguas profundas (Silverio *et al*, 2009).

Si bien las condiciones del lago Titica pudieran parecer restrictivas para el desarrollo de especies invasoras, debido a la altitud y a las variaciones ambientales que presenta, se conoce que *C. Hirundinella* durante su ciclo de vida puede formar quistes en reposo bajo condiciones desfavorables que luego se hunden hasta los sedimentos, cuando las condiciones ambientales son favorables, los nutrientes almacenados en los quistes permiten la germinación vegetativa de las células para

iniciar una floración, independientemente de la concentración de nutrientes en el agua, esta estrategia competitiva sugiere que *C. hirundinella* persistirá como un alga problemática para la calidad del agua en el futuro.

Se precisa realizar estudios más exhaustivos en todo el ámbito del lago Titicaca y en la columna de agua a lo largo de las dos estaciones del año, para conocer la dinámica poblacional de esta especie respecto a los factores señalados. Debido a que las afloraciones del mismo podrían afectar la calidad del agua como recurso de consumo, así como el funcionamiento del ecosistema, perjudicando no solo el aspecto ecológico, sino también al recurso ictico de especies nativas del lago y de la acuicultura de truchas, donde se han reportado mortandades aún no aclaradas respecto a sus causas.

### Conclusiones

Se reporta la presencia de *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin en la desembocadura del río Ramis en el lago Titicaca.

La densidad encontrada fue de 2 hasta 314 ind/ml, señalando que esta especie podría afectar la calidad del agua y ser potencialmente tóxico para las especies nativas e introducidas en el lago Titicaca.

### Agradecimientos

A los directivos y personal profesional y técnico del Laboratorio Continental del Instituto del Mar del Perú IMARPE-Puno, por las facilidades prestadas para la realización del presente estudio.

### Referencia bibliográfica

- Ascencio, E., Rivera, P., & Cruces, F. (2015). *Ceratium hirundinella*: Morfología y distribución de un dinoflagelado invasor de aguas continentales de Chile. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción, Chile.
- Cavalcante, K. P., Zanutelli, J. C., Müller, C. C., Scherer, K. D., Frizzo, J. K., Ludwig, T. A. V., & Cardo, L. D. S. (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), 862–866.
- Fabre, A., Carballo, C., Hernández, E., Piriz, P., Bergamino, L., Mello, L., ... Kruk, C. (2010). El nitrógeno y la relación zona eufótica/zona de mezcla explican la presencia de cianobacterias en pequeños lagos subtropicales, artificiales de Uruguay. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(1), 112–125.
- Fontúrbel, R. F., Molina, C., & Richard, E. (2006). Evaluación rápida de la diversidad de fitoplancton en aguas eutróficas del lago Titicaca (Bolivia) y su uso como indicador del grado de contaminación. *Ciencia Abierta Internacional*, 29(July). Retrieved from [http://cabierta.uchile.cl/revista/29/mantedor/sub/articulos\\_2.pdf](http://cabierta.uchile.cl/revista/29/mantedor/sub/articulos_2.pdf)
- Gómez, F. (2012). a Checklist and Classification of Living. *CICIMAR Océánides*, 27(1), 65–140.

- 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. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 41(4), 291–299.  
<http://doi.org/10.1051/limn/2005020>
- Silverio, M. J., Montañez, G., Fra, E., Saracho, M., Arjona, M., Amaya, S., & Traccanna, B. (2009). Variación poblacional de *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae) en embalses eutróficos de Catamarca (Argentina) y su relación con parámetros ambientales. *Huayllu-Bios*, 3, 13–31.
- Villalobos, L., Parra, O., Grandjean, M., Jaque, E., Woelfl, S., & Campos, H. (2003). A study of the river basins and limnology of five humic lakes on Chiloé Island. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76(4), 563–590.  
<http://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000400003>

