



## II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CCHIASA

### “ESTUDIO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS BIOQUÍMICOS ASOCIADOS A LOS NUTRIENTES NITRÓGENO Y FÓSFORO EN INTERACCIÓN CON EL CICLO DEL CARBONO-LAGUNA CARÉN, CHILE”

ALBERTO DE LA FUENTE S.<sup>1</sup>  
ANA LUCÍA PRIETO S.<sup>2</sup>  
CATALINA ARÁNGUIZ K.<sup>3</sup>

#### RESUMEN EXTENDIDO

Los fenómenos de eutrofización como respuesta biológica de los sistemas acuáticos ante la carga antropogénica de nutrientes, se han extendido en lagos, ríos y sistemas costeros (Ménesguen, 1990). En este contexto, la laguna Carén, ubicada en la comuna de Pudahuel (Región Metropolitana, Chile, 33°25'50''S, 70°50'29''O, 470 m.s.n.m), surge como un ecosistema acuático somero, cuyo interés de estudio recae en su condición de hipereutrofización que supera los índices señalados por Smith et al. (1999). Estos índices señalan rangos de calidad de agua para los sistemas acuáticos, en particular la laguna Carén excede el valor de nitrógeno total (1.2 mg/l), fósforo total (0.1 mg/l) y clorofila a (25µm/l).

Este trabajo tiene como objetivo estudiar y cuantificar el balance de masa de los nutrientes fósforo y nitrógeno, considerado sus principales formas en medios acuáticos y su interacción con el ciclo del carbono. Los elementos en estudio tienen incidencia directa en el estado de hipereutrofización de la laguna. De esto se desprende que un mayor entendimiento de las dinámicas existentes que involucran estos elementos, puede entregar nuevas herramientas para remediar el estado actual de la laguna.

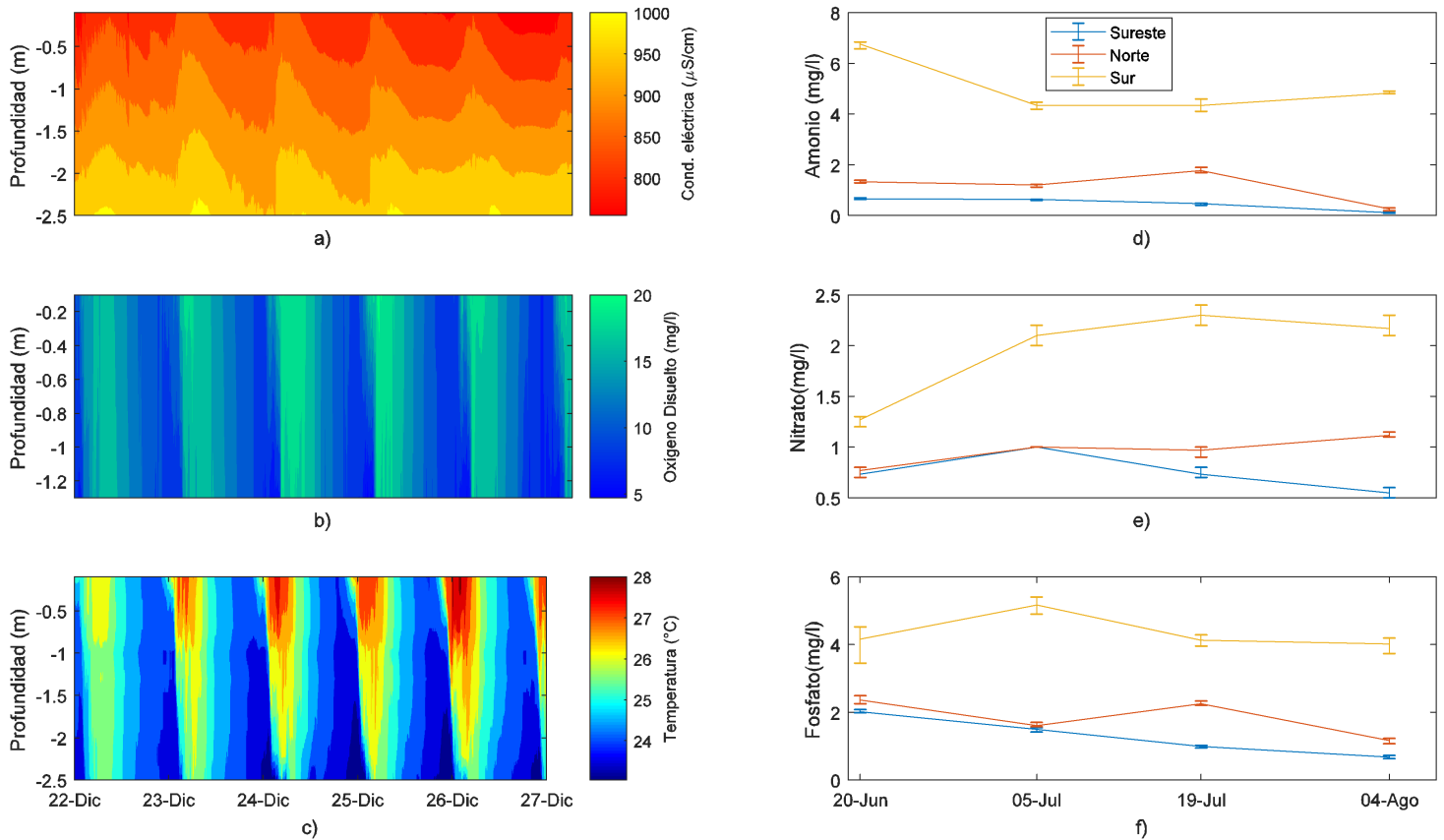
En función del objetivo, se encuentra en operación una estación de monitoreo continuo, la cual registra cada 5 [min] datos de temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. A su vez, se opera una estación meteorológica que registra valores de viento, temperatura, radiación neta incidente y presión barométrica cada 5 [min]. Para completar la información de calidad del agua, se han efectuado campañas periódicas de muestreo en tres puntos estratégicos y se han analizado las muestras para las especies amonio, nitrato y fosfato. Ejemplo de estas mediciones se muestra en la figura 1.

---

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Civil/ Universidad de Chile, [aldelafu@ing.uchile.cl](mailto:aldelafu@ing.uchile.cl)

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil/ Universidad de Chile, [ana.prieto@uchile.cl](mailto:ana.prieto@uchile.cl)

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Civil/ Universidad de Chile, [cata.aranguizk@gmail.com](mailto:cata.aranguizk@gmail.com)



**Figura 1: Izquierda:** Variables hidrodinámicas registradas en la boya norte en 5 días de diciembre 2017. a) Variación de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ). b) Variación de oxígeno disuelto ( $\text{mg/l}$ ). c) Variación de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). **Derecha:** Resultados de 4 campañas de muestreo de calidad del agua entre junio y agosto del 2018. d) Evolución de  $\text{NH}_3$ , e) Evolución de  $\text{NO}_3^-$ , f) Evolución de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Para el análisis de estas mediciones se propone el modelo conceptual de la figura 2, que considera las interacciones y dinámicas de las tres principales variables en estudio: carbono, nitrógeno y fósforo. A su vez examina el rol del oxígeno en los principales procesos biológicos del sistema y en consecuencia las variaciones de materia orgánica y detritos. Existen reacciones tanto en la columna de agua como en los sedimentos que afectan el balance de masa de las variables. Los procesos de intercambio entre interfaces aire-agua y agua-sedimentos también son integrados al modelo físico del sistema.

El carbono en forma de  $\text{CO}_2$  circula en la columna de agua por procesos de difusión, es liberado por organismos mediante la respiración y la fotorrespiración, y consumido en la

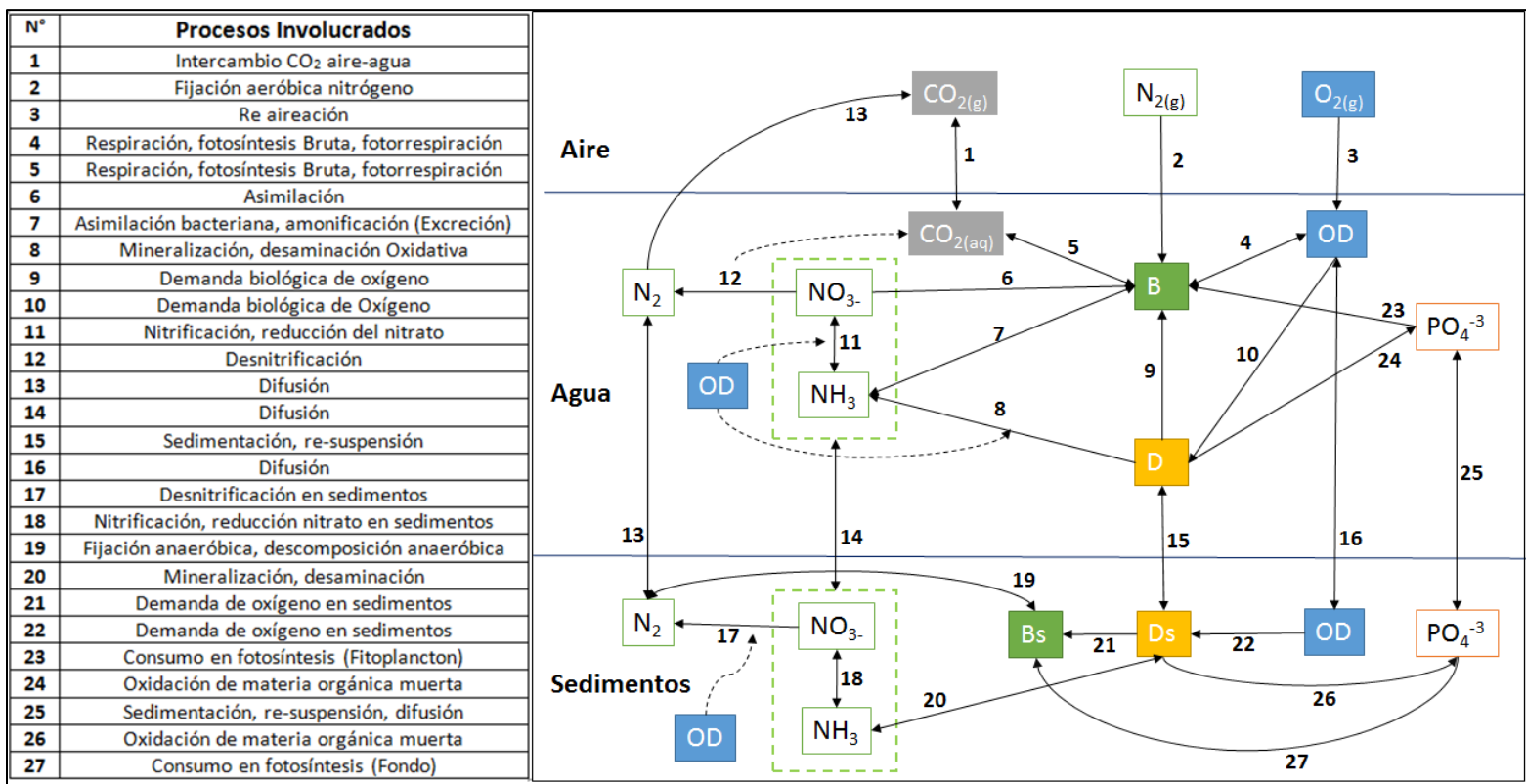


fotosíntesis. En su forma orgánica está sujeto a procesos físicos como la sedimentación y re suspensión, y químicos como su degradación.

El nitrógeno en medios acuosos se presenta mayoritariamente en la forma de amonio ( $\text{NH}_3$ ) y de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), sin embargo su fuente más abundante es la atmósfera como nitrógeno inorgánico ( $\text{N}_{2(g)}$ ). Este puede ingresar a la columna de agua mediante la fijación bacteriana y ser fácilmente devuelto a través de la reacción de desnitrificación.

De forma natural el fósforo es un nutriente limitante en sistemas acuáticos, principalmente debido a procesos físicos de sedimentación que lo hacen poco disponible en la columna de agua (Sondergaard, 2003). En su forma de fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) es consumido en la fotosíntesis y liberado a partir de la oxidación de materia orgánica.

A través del modelo conceptual y el posterior modelo numérico, se espera obtener la evolución temporal diaria y estacional de las variables en estudio.



**Figura 2:** Modelo conceptual propuesto para la interacción y dinámica entre el nitrógeno, fósforo y carbono en la laguna Carén. Donde  $B$  y  $D$  corresponden a la biomasa y detritos en la columna de agua, mientras  $B_s$  y  $D_s$  simbolizan la biomasa de fondo y los detritos en los sedimentos respectivamente.



### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento de Fondecyt a través del proyecto regular número 1181222 y el apoyo del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

### **Referencias**

Chapelle, A., Lazure P. and Ménesguen A. 1994, Modelling Eutrophication Events in a Coastal Ecosystem. Sensitivity Analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 39 (6): 529-548.

De la Fuente, A. 2014. Heat and Dissolved Oxygen Exchanges between the sediment and water column in a Shallow Salty Lagoon. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 119 (4): 596-613.

De la Fuente, A. and Niño, Y. 2010. Temporal and Spatial Features of the Thermohydrodynamics of Shallow Salty Lagoons in Northern Chile. *Limnology and Oceanography* 55 (1): 279-288.

López-Monroy, F.M., Troccoli- Ghinalia L. E., Poblete, E., Valerio-González, L.R. 2017. Dinámica de los Nutrientes en una Laguna Costera Tropical Hipersalina (Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela), *Revista Bio Ciencias* 4 (6).

Zhu, Y. McCowan, A., and Cook, L.M. 2017. Effects of Changes in Nutrient Loading and Composition on Hypoxia Dynamics and Internal Nutrient Cycling of a Stratified Coastal Lagoon. *Biogeosciences; Katienburg-Lindau* 14 (19): 4423-4433.

Roman, E. 2017. Laguna Carén: Estudio de su hidrodinámica y calidad del agua, a partir de la instalación y operación de una estación de monitoreo ambiental; Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

Hidalgo, F. 2017. Caracterización y cuantificación de los procesos de transporte-reacción que dominan la dinámica intradiaria de dióxido de carbono y oxígeno en el salar del Huasco; Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third Edition.

Plus, M., Chapelle, A., Lazure, P., Auby, I., Levavasseur, G., Verlaque, M., Belsher, T., Deslous-Paoli, J-M., Zaldívar, J-M., Murray, C.N. 2003. Modelling of oxygen and nitrogen cycling as a function of macrophyte community in the Thau Lagoon. *Continental Shelf Research* 23 (1877-1898).

Carvajalino, M., Lojek, O., Fernandes, L., Vivas-Aguas, L. 2003. Desarrollo preliminar de un modelo hidrodinámico y de transporte de nutrientes para la ciénaga grande de Santa Marta. 2017. *Boletín Investigación Marina Costera* 46 (1) (191-198).

Tuchkovenko, Y., Calero, L. 2003. Modelo Matemático del Ecosistema de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Boletín Investigación Marina Costera* 32 (145-167).



Sondergaard, M., Jensen, J., Jeppesen, E. 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* (506-509) (135-145).

Hull, V. Parrela, L. Falcucci, M. 2007. Modelling dissolved oxygen dynamics in coastal lagoons. *Ecological Modelling*. Volumen 211, Issues 3-4 (468-480).