



I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

INTRUSIÓN SALINA EN EL LAGO BUDI. ANÁLISIS HIDRODINÁMICO Y ESTUDIO DE LA CORRIENTE DE DENSIDAD

LUIS FELIPE SANDOVAL¹
YARKO NIÑO²

RESUMEN EXTENDIDO

El Lago Budi es un sistema estuarino que corresponde a uno de los principales lagos de agua salobre de Chile, por su importancia en la economía de la población aledaña a sus riberas y por su alta biodiversidad. Ubicado a 15 km del Océano Pacífico, su desagüe hacia el mar se da a través del río Budi. Sin embargo, la acción de la marea y el oleaje genera una barra de sedimentos en la boca de este último, la que permanece cerrada durante gran parte del año (Stuardo y Valdovinos, 1989; Valdovinos et al, 2005). La barra es removida artificialmente para evitar inundaciones en la ribera del lago. La remoción de la barra altera la calidad de sus aguas, ya que favorece el ingreso de la marea y la generación de una cuña salina en el río Budi, la que después continúa como corriente de densidad en el lago Budi, desarrollándose por su lecho. El principal efecto de esto, es una fuerte estratificación por salinidad en el lago Budi, la que impide, entre otras cosas, la llegada de oxígeno a las capas más profundas. Esto toma mayor relevancia si además se considera que, de acuerdo a estudios realizados en las últimas dos décadas, el Lago Budi estaría eutroficado (Stuardo et al., 1989; Hauenstein et al. 1999; Jaque, 2004; Antimán y Martínez, 2005), condición similar y consistente con la condición de diversos sistemas estuarinos ubicados en la zona centro-sur de Chile, que presentan cierre temporal de sus barras (Sandoval y Contreras, 2011).

El objetivo general del estudio fue analizar la hidrodinámica del lago Budi y los efectos que sobre ésta y sobre la calidad de aguas, generan los procesos asociados a la intrusión salina por el río Budi y a la inmersión de las corrientes de densidad en el lago, mediante la aplicación de modelos numéricos, enfocado a proponer medidas de manejo ambiental.

Para esto, mediciones de perfiles verticales de salinidad realizadas durante 2006 y 2007, confirmaron el ingreso de una corriente de densidad a través del río Budi, luego de la remoción de la barra (Figura 1). La modelación de la corriente de densidad fue llevada a cabo con el Software Mossem (González, 2006), el que fue modificado con este fin, para

¹ HIDROMAS y Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Contacto: fsandoval.hidromas@gmail.com

² Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Advanced Mining Technology Center. Contacto: ynino@ing.uchile.cl



una corriente de salinidad en lugar de una corriente de turbidez. Los parámetros característicos de la corriente fueron calibrados, presentando ésta un factor de mezcla y un coeficiente de arrastre iguales a 1.22 y 0.01, respectivamente. La validación de tales parámetros requiere de nuevas mediciones en el río y lago Budi, posteriores a la apertura de la barra. No obstante, las simulaciones reproducen los valores de salinidad en el lago.

Junto con la corriente de densidad, se modeló el flujo de agua existente entre el lago y el mar. En la remoción de la barra de octubre de 2006, durante el proceso de vaciado del lago, el caudal de descarga alcanzó valores máximos horarios del orden de 130 [m³/s]. Por otra parte, una vez alcanzada una condición de equilibrio, los caudales medios horarios de intercambio alcanzaron magnitudes en torno a 50 - 70 [m³/s] para las condiciones de llenado (alta marea) y vaciado (baja marea). La estratificación producida por el ingreso de la corriente de densidad, se mantuvo durante la primavera y parte del verano, viéndose destruida por los fuertes vientos de enero de 2007.

La modelación eco-hidrodinámica del lago Budi fue realizada con los Software Dyresm (Imerito, 2007) y Caedym (Hypsey et al., 2006). Ésta permitió calibrar la velocidad y dirección del viento sobre el lago Budi, parámetros medidos por una estación meteorológica instalada en Puerto Saavedra, y del coeficiente de extinción de la luz. Los resultados muestran concentraciones de nutrientes en niveles de eutrofia para agua dulce, e indican la generación de una capa anóxica bajo la haloclina, la que se mantiene hasta producida la mezcla completa de la columna de agua.

Diferentes escenarios de manejo de la barra fueron definidos, siendo modelada la condición hidrodinámica del lago Budi para cada uno durante un período acotado de tiempo. Los resultados indican que el manejo de la barra no modificaría en forma significativa la carga de nutrientes en el lago, disminuyendo ésta potencialmente en el largo plazo, y que para un escenario de un canal con cota fija de fondo igual a 1.6 m, disminuirían los prolongados períodos de estratificación y anoxia de fondo en el lago. En esta situación podría ocurrir una cuña salina, la que ingresaría al lago para condiciones de alta probabilidad de ocurrencia.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al la empresa consultora CEA y el financiamiento del Departamento de Ingeniería Civil y el Proyecto Fondecyt 1080617.

Referencias

Antimán, M., Martínez, C. (2005). “Grado de antropización, evaluación y modelación matemática del nivel trófico del lago Budi como base para determinar su comportamiento ambiental”. Tesis para optar al grado de Licenciado en Recursos Naturales, Licenciado en Ciencias de la Ingeniería. Universidad Católica de Temuco.

Hipsey, M., Romero, J., Antenucci, J., Hamilton, D. (2006) CAEDYM v2.3 Science Manual, University of Western Australia.



Imerito, A. (2007). DYRESM v.4 Science Manual, University of Western Australia.

González, J. (2006). “Sedimentación en embalses considerando el efecto de corrientes de turbidez. Desarrollo e implementación de un modelo matemático y numérico”. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de Ingeniería, Mención Recursos Hídricos y Medio Ambiente.

Hauenstein, E. González, M. Leiva, L. Falcón, L. (1999). “Flora de Macrofitos y bioindicadores del Lago Budi”, *Gayana Bot.* 56(1), 53-62.

Jaque, X. (2004). “Evaluación y lineamientos de restauración fitosociológica de los humedales de la cuenca del río Budi, Región de la Araucanía”. Tesis para optar al grado de Licenciado en Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco.

Sandoval, F., Contreras, M. (2011). Cuerpos de agua costeros chilenos. Diagnóstico: Condición trófica y amenazas. Seminario Internacional Ecosistemas Acuáticos Continentales y las actividades productivas, imprescindible coordinación.

Stuardo, J., Valdovinos, C. (1989) “Estuarios y lagunas costeras: Ecosistemas importantes del Chile central”. *Amb y Des*, 1, pp 107-115.

Stuardo, J., Valdovinos, C., Dellarossa, V. (1989) “Caracterización General del Lago Budi: Una laguna costera salobre de Chile central”. *Cienc. y Tec. del Mar. Cona* 13, pp 57-69.

Valdovinos, C., Figueroa, D., Peña-Cortés, F., Hauenstein, E., Guíñez, B., Olmos, V. (2005) “Visión sinóptica de la biodiversidad acuática y ribereña del Lago Budi”, En: Smith-Ramírez, C., J. Armesto & C. Valdovinos (Editores). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. Capítulo 22, pp.407-417.

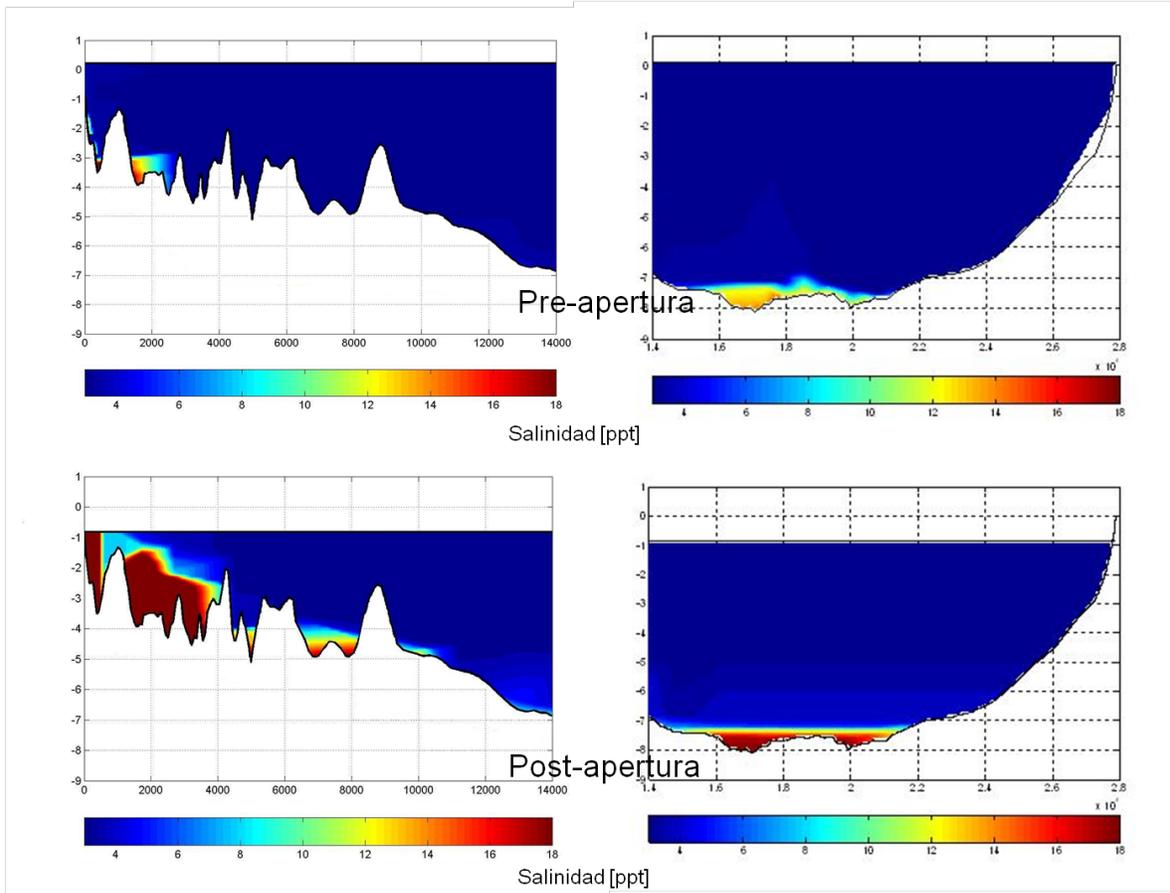


Figura 1. Ingreso de agua salobre en río y lago Budi posterior a apertura de barra (Octubre de 2006).