



II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CCHIASA

DIAGNÓSTICO DEL MONITOREO AMBIENTAL EN LA LAGUNA ACULEO

Rodrigo Meza ¹
Fernanda Fischer ²

RESUMEN EXTENDIDO

La laguna Aculeo es uno de los cuerpos de agua naturales más grandes ubicados en la Depresión Central de Chile, sin embargo, las características ambientales que imperan actualmente indican que este sistema acuático ha evolucionado hacia una condición predominante de humedal, lo cual podría revertirse en años más húmedos, cuando la laguna está a máxima capacidad (sistema mixto laguna-humedal) (MMA, 2016). Adicionalmente, en forma temprana se ha diagnosticado un proceso de eutrofización natural en la laguna Aculeo, acelerado por causas antrópicas (Vila *et al.*, 1986), tales como actividades agrícolas y la práctica de deportes náuticos motorizados (CED, 2008).

En este contexto, se realizó una revisión bibliográfica y en terreno, con el fin de realizar un diagnóstico del monitoreo ambiental disponible en la cuenca de la laguna Aculeo, que apunta a evaluar la factibilidad de modelar de forma robusta la hidrología de la cuenca (WEAP) y la hidrodinámica acoplada a la calidad del agua (DYRESM-CAEDYM) en la laguna. Estos modelos son instrumentos esenciales (aunque no suficientes) para realizar una gestión integrada de la cuenca, por lo que al evaluar su factibilidad técnica es posible realizar un diagnóstico sobre los desafíos futuros en materia de monitoreo y gestión de sistemas lénticos, como es el caso de la laguna Aculeo. La Tabla 1 resume la revisión de antecedentes bibliográficos realizada y los resultados obtenidos en cada caso.

Tabla 1: Resumen del diagnóstico del monitoreo ambiental de la laguna Aculeo.

Variable	Fuente de la Información	Periodo Disponible	Uso	Diagnóstico Información
Precipitación	DGA	1960-2016	Forzamiento modelo hidrológico e hidrodinámico	Suficiente (1 estación)
Temperatura del aire	DGA	1970-2016	Forzamiento modelo hidrológico e hidrodinámico	Suficiente (1 estación)
Caudal	DGA	-	Calibración y validación de modelo hidrológico; forzamiento de modelo	No disponible (requerida)

¹Ing. Civil Hidráulico, Magíster – Eridanus Ltda. – romeza@eridanus.cl

² Bióloga Ambiental, Magíster (e) – Universidad de Chile – fer.fischer@gmail.com



Variable	Fuente de la Información	Periodo Disponible	Uso	Diagnóstico Información
			hidrodinámico	
Batimetría	DGA	1987	Parámetro de modelo hidrológico y de modelo hidrodinámico	Suficiente (desactualizada)
Niveles de la Laguna	DGA	2006-2013	Calibración y validación de modelo hidrológico; forzamiento de modelo hidrodinámico	Insuficiente (7 años)
Niveles de Pozos	DGA	-	Calibración y validación de modelo hidrológico	No disponible (requerida)
Demandas de agua	DGA, CNR, Entrevistas	-	Calibración y validación de modelo hidrológico; forzamiento de modelo hidrodinámico	No disponible (requerida)
Uso de Suelos	CONAF	2016	Forzamiento del modelo hidrológico	Insuficiente (1 año)
Nubosidad, radiación, viento y humedad relativa	CNR (1987), DGF (2016)	2004-2015*	Forzamiento modelo hidrológico e hidrodinámico	Insuficiente (promedios mensuales) *La humedad relativa es previa al dicho periodo y solo se cuenca con promedios mensuales
Temperatura del agua	DGA	2000-2014	Forzamiento modelo de calidad del agua	Insuficiente (datos estacionales; solo 1 de 3 puntos de muestreo en la laguna presenta datos después del 2009 y solo en verano)
Conductividad	DGA	2000-2014	Forzamiento modelo de calidad del agua	Insuficiente (datos estacionales; solo 1 de 3 puntos de muestreo en la laguna presenta datos después del 2009 y solo en verano)
Nitrógeno Total	DGA	2000-2014	Forzamiento modelo de calidad del agua	Insuficiente (datos estacionales; solo 1 de 3 puntos de muestreo en la laguna presenta datos después del 2009; solo 2004 y 2005 presentan datos en todas las estaciones del año)



Variable	Fuente de la Información	Periodo Disponible	Uso	Diagnóstico Información
Fósforo Total	DGA	2000-2014	Forzamiento modelo de calidad del agua	Insuficiente (datos estacionales; solo 1 de 3 puntos de muestreo en la laguna presenta datos después del 2009; solo 2006 y 2009 presentan datos en todas las estaciones del año)

Como se aprecia, el monitoreo de las variables de calidad del agua carecen de información continua en el periodo 2009-2014, y en el periodo posterior no existen registros disponibles. Esto coincide con el periodo de la mega sequía y que ha conducido a la laguna a sus niveles mínimos en la actualidad. Adicionalmente, se debe señalar que el monitoreo a diferentes profundidades (perfil de calidad) emplea rangos de profundidad, lo cual es inadecuado para los requerimientos del modelo de calidad.

Junto con el análisis anterior se realizaron campañas de terreno que permitieron analizar la calidad del agua en el estero Santa Marta o Aculeo, el cual ha sido intervenido mediante un pretil que impide esta descarga natural de la laguna Aculeo, desviando las aguas del estero Pintué hacia la laguna, lo cual también es reportado por DCE-DGA (1987). Además, se tomaron muestras de agua de 18 pozos al interior de la cuenca.

En relación al trabajo en terreno, se estima que el contenido de fósforo en aguas subterráneas debiera ser en general bajo, con concentraciones que en promedio lleguen a alcanzar los 20 $\mu\text{g/l}$ (0,02 mg/l) incluso en aquellas áreas donde el suelo contenga grandes cantidades de fósforo (Wetzel, 2001). Los resultados de la campaña de primavera 2016 reportan concentraciones de fósforo total que en pozos fluctúan entre los 70 $\mu\text{g/l}$ y 750 $\mu\text{g/l}$, lo cual da cuenta de aguas subterráneas con un elevado contenido en este nutriente. Es así como el análisis de trofia indica aguas hipertróficas para fósforo y nitrógeno totales en casi el 90% de los pozos muestreados. El estero Santa Marta o Aculeo, por su parte, constituye un caudal de entrada relativamente constante a la laguna, cuyas concentraciones de nutrientes también dan cuenta de una condición de hipertrofia según fosforo y nitrógeno, aunque el limite hacia esta condición haya sido sobrepasado levemente. En caso de la laguna, y de acuerdo a la literatura, las concentraciones de fósforo en un sistema de agua dulce altamente eutrófico podrían llegar a superar los 100 $\mu\text{g/l}$ (Wetzel, 2001), límite que en el caso actual de la laguna es sobrepasado en un orden de magnitud, con un valor que en la primavera 2016 alcanzó los 3.170 $\mu\text{g/l}$.

Los antecedentes bibliográficos y de terreno muestran, por una parte, que el monitoreo requerido para generar instrumentos de gestión robustos, como los modelos evaluados, es considerablemente alto en número de variables (variables en Tabla 1 representan un mínimo), además de la longitud de registro requerida para calibrar y validar un modelo. Por



otro lado, se aprecia que un monitoreo discontinuo es una realidad en una gran cantidad de parámetros y variables relevantes en la laguna Aculeo, que por su condición discontinua y de corta longitud, solo permite estimar la escorrentía y las condiciones generales que han llevado a los niveles de eutrofización actual de la laguna de Aculeo (MMA, 2016).

Lo anterior cobra especial relevancia considerando que la Laguna Aculeo se encuentra en la zona central de Chile, una de las zonas con mayor esfuerzo de monitoreo hídrico y de calidad del agua del país. Además, introduce una alerta para los sistemas lacustres al sur de Chile, donde actualmente se observan problemas de contaminación y que requieren de un monitoreo adecuado para su gestión sostenible.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración de Mauricio Cartes en el trabajo de terreno y de Eduardo Rubio en la modelación hidrológica realizada, así como la asesoría de Félix Pérez y Santiago Monserrat en la discusión durante el proyecto. Así mismo se agradece el apoyo entregado por el Ministerio del Medio Ambiente y la empresa Eridanus Ltda. para la presentación de este trabajo.

Referencias

- CED (Centro de Estudios para el Desarrollo). 2008. Plan de Gestión Ambiental para la Cuenca de Aculeo, Región Metropolitana de Santiago. Proyecto CONAMA / GEF-PNUD “Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile”.
- DCE-DGA. 1987. Estudio Limnológico de la Laguna Aculeo. Estudio elaborado por Depto de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, para la Dirección General de Aguas.
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente) 2016. Monitoreo Ambiental de Ecosistemas Acuáticos Estratégicos – Laguna de Aculeo. Estudio elaborado por Eridanus Ltda.
- Vila, I.; Montecino, V. & Mühlhauser, H. 1986. Diagnóstico y evaluación del potencial biológico de lagos naturales y artificiales de Chile central. Programa el hombre y la biósfera Unesco-MAB 5. Amb. y Des. Vol II, N°1, Págs 127-137.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press.