



I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

Investigación en el Salar del Huasco: Entendiendo los procesos fundamentales que mantienen los salares

Alberto de la Fuente¹
Carolina Meruane²

RESUMEN EXTENDIDO

El Salar del Huasco es un sitio protegido RAMSAR, ubicado en la región de Tarapacá a 3.900 msnm [1]. Es un sistema hidrológicamente cerrado tal que toda el agua que precipita es completamente evaporada en la cuenca o el Salar. Las precipitaciones se concentran en el denominado invierno altiplánico (Figura 1a), y los valores totales anuales son cercanos a 150mm (Figura 1b); mientras que las tasas de evaporación potencial anual son cercanas a los 1.200mm (Figura 1c). Es importante notar que las tasas de evaporación estimadas a partir de los datos de los reanálisis atmosférico NCEP-NCAR han variado significativamente en las últimas dos décadas (Figura 1c). También, del total precipitación directa, entre un 80% y 90% se evapora en la misma cuenca ([2], Figura 1d), mientras que el agua restante infiltra hacia acuífero y aflora en el perímetro del Salar [3], en donde la superficie del salar y la humedad del suelo se ajustan dinámicamente para evaporar toda el agua que aflora [3]. El aporte puntual de agua producto de eventos de precipitación durante el invierno altiplánico también produce aumentos puntuales de la superficie y profundidad de la laguna como se observa de imágenes satelitales (ver [4] en sesión de póster de este congreso).

En el Salar del Huasco se destacan tres especies de flamencos que habitan, se reproducen y se alimentan en la laguna salina somera que tiene una profundidad de 5 a 10 cm. Los flamencos se alimentan de organismos bentónicos (principalmente diatomeas y cianobacterias, [5,6]) que crecen en una delgada capa en la superficie de éstos [1,7]. Estas microalgas bentónicas están adaptadas a condiciones extremas en los forzantes ambientales, como el fuerte viento, re-suspensión de los sedimentos, alta oscilación térmica intradiaria, alta radiación solar, y congelamiento de la columna de agua en la noche [8].

Para describir y cuantificar los procesos hidrodinámicos que dominan en el salar del Huasco, y cómo condicionan la dinámica del ecosistema, se realizaron dos campañas de medición para caracterizar los períodos de primavera/verano y otoño/invierno. En estas campañas se instaló una estación meteorológica, termistores en el agua, y un anemómetro sónico con analizador de gases IRGASON que permite medir los flujos turbulentos de calor, vapor de agua y CO₂ intercambiados con la atmósfera.

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. aldelafu@ing.uchile.cl

² Modelación Ambiental SpA. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
cmeruane@modelacion.cl

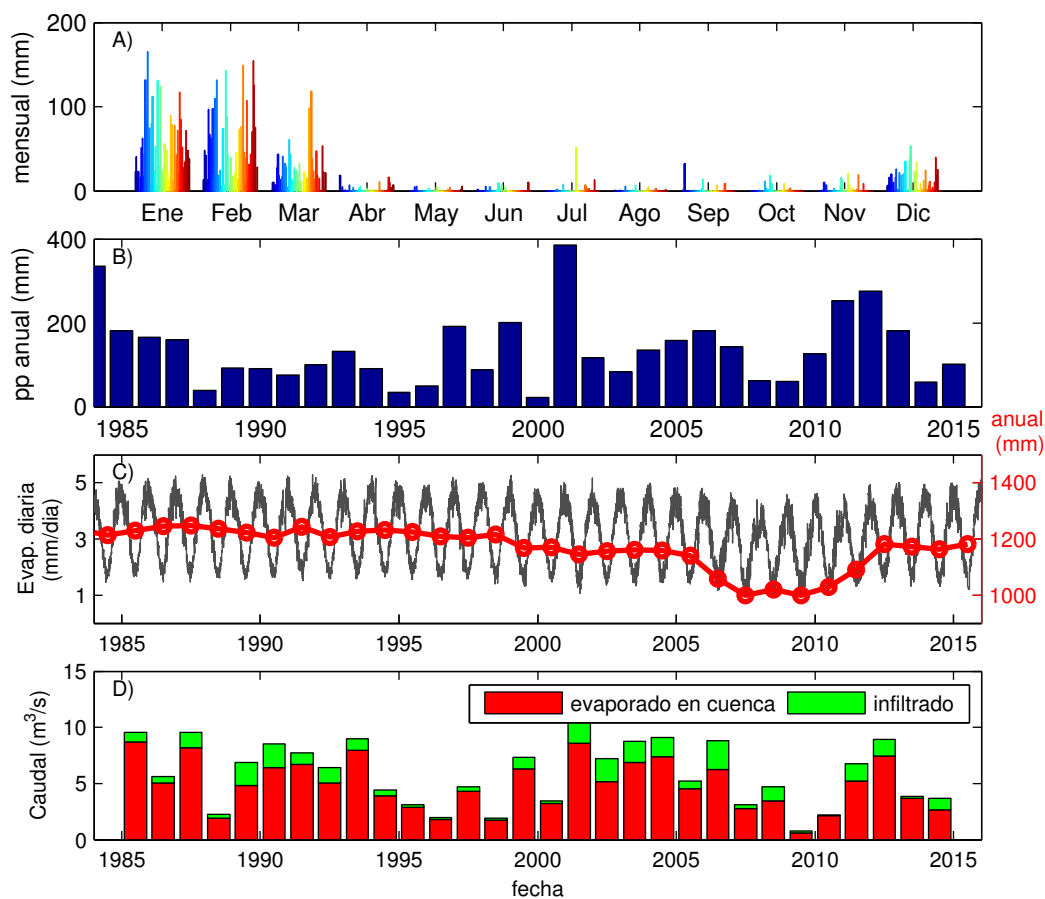


Figura 1: A) Distribución mensual de precipitaciones en estación DGA Collacagua desde 1984 (barras azules) a la fecha (barras tojas). B) Precipitaciones anuales en estación DGA Collacagua. C) Estimación de evaporación potencial total diaria (línea gris) y anual (línea roja). D) Partición entre precipitación (expresada en términos de caudales) que se evapora directamente desde la cuenca versus caudal infiltrado que aflora en el Salar [2].

Los resultados de estas campañas muestran que la temperatura del agua varía entre 20 y 30°C en un día, alcanzándose en verano valores máximos de 25°C y mínimos de 0°C (Figura 2a). En otoño/invierno la temperatura promedio del agua es bastante más baja, y el hielo que se forma se derrite al medio día (Figura 2b), tal que entre 9 y 10am tiene 2 a 3 cm de espesor. Los sedimentos juegan un papel fundamental en amortiguar esta oscilación térmica, capturando calor durante el día y liberándolo en las noches [9,10].

Mediciones del flujo de CO₂ entre la atmósfera y la laguna del Salar del Huasco mostraron que es un sumidero de CO₂ atmosférico, el que está fuertemente influenciado por la presencia/ausencia de viento y hielo. La mayoría de los ecosistemas acuáticos emiten CO₂ a la atmósfera [11], de modo que los salares toman mayor relevancia por su aporte a la reducción de los gases efecto invernadero. Por último, el flujo de CO₂ desde la atmósfera también depende de la radiación solar, lo que refuerza la idea que es inducido por la fotosíntesis en la laguna del Salar.

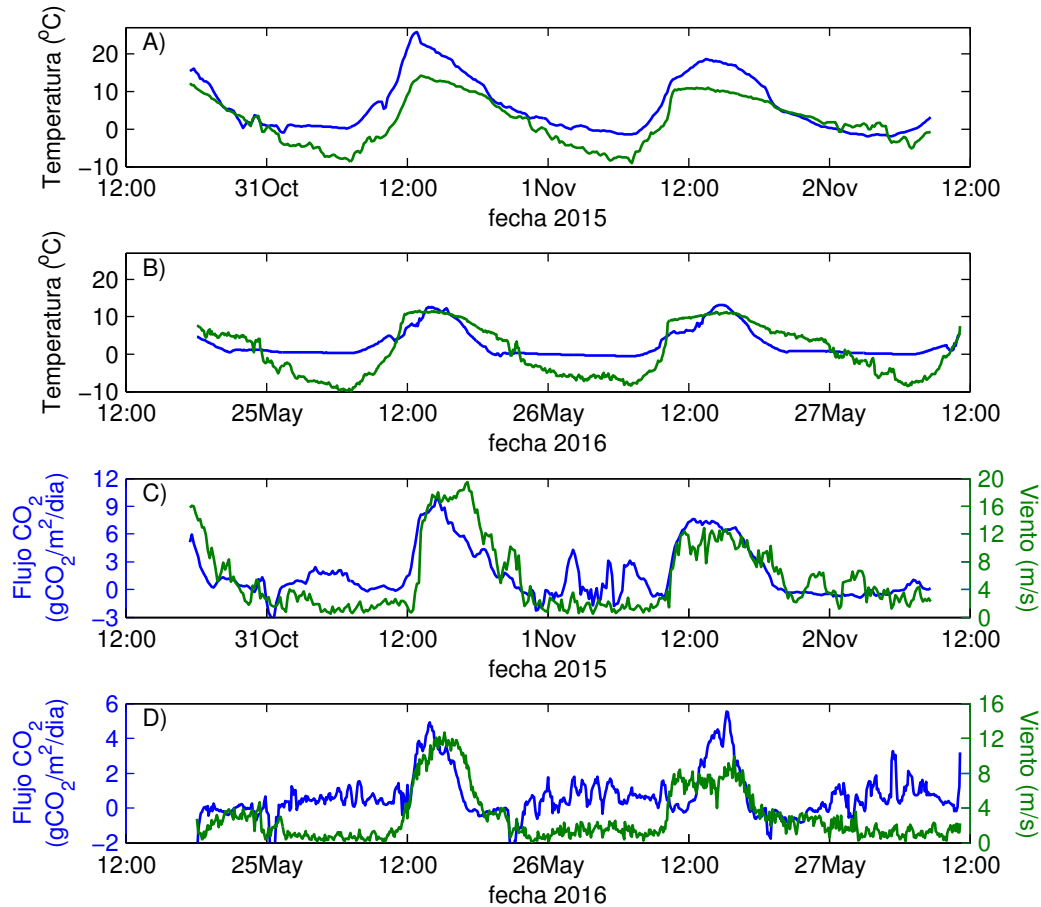


Figura 2: Mediciones de temperatura del agua (azul) y aire (verde) para campañas de (A) Primavera/Verano, y (B) Otoño/Invierno. Mediciones de flujo de CO₂ intercambiado entre atmósfera y agua (positivo desde atmósfera, azul), y rapidez del viento (verde) para campañas de medición de (C) Primavera/Verano, y (D) Otoño/Invierno.

Agradecimientos

En este trabajo se presentan algunos de los principales resultados obtenidos del proyecto Fondecyt número 1140821, titulado “*Vertical transport processes in the altiplanic lagoons*”. Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento de Conicyt a través del proyecto Fondecyt número 1140821. Se agradece especialmente a los estudiantes y funcionarios que han participado en este proyecto, como memorias, tesis, y en los trabajos de terreno. Más información puede ser encontrada en [12].

Referencias

1. De La Fuente, A. Heat and dissolved oxygen exchanges between the sediment and water column in a shallow salty lagoon. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* **2014**, *119*, 596–613.
2. Vega, A. Balance hídrico de la cuenca del Salar del Huasco mediante el modelo hidrológico de simulación TOPMODEL usando información del reanálisis atmosférico., Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 2016.



3. de la Fuente, A.; Niño, Y. Temporal and spatial features of the thermohydrodynamics of shallow salty lagoons in northern Chile. *Limnol. Oceanogr.* **2010**, *55*, 279–288.
4. Muñoz, A.; Meruane, C.; de la Fuente, A. Aplicación de herramientas de percepción remota para la determinación del balance hídrico en humedales altiplánicos. In *Primer Congreso Chileno de Ingeniería Ambiental en Sistemas Acuáticos*; Santiago, Chile, 2016.
5. Dorador, C.; Vila, I.; Imhoff, J. F.; Witzel, K.-P. Cyanobacterial diversity in Salar de Huasco, a high altitude saline wetland in northern Chile: an example of geographical dispersion? *FEMS Microbiol. Ecol.* **2008**, *64*, 419–32.
6. Díaz-Palma, P.; Stegen, S.; Queirolo, F.; Arias, D.; Araya, S. Biochemical profile of halophilous microalgae strains from high-andean extreme ecosystems (NE-Chile) using methodological validation approaches. *J. Biosci. Bioeng.* **2012**, *113*, 730–6.
7. Ordoñez, C.; de la Fuente, A.; Díaz-Palma, P. Modeling the influence of benthic primary production on oxygen transport through the water-sediment interface. *Ecol. Modell.* **2015**, *311*, 1–10.
8. Vergara, J.; de la Fuente, A. Análisis de la variación de calor en la interfaz aire-agua de una laguna extremadamente somera del Altiplano Chileno. In *I Congreso Chileno de Ingeniería Ambiental en Sistemas Acuáticos*; Santiago, Chile, 2016.
9. de la Fuente, A.; Niño, Y. Temporal and spatial features in the thermo-hydrodynamics of a shallow salty lagoon in Northern Chile. *Limnol. Ocean.* **2010**, *55*, 279–288.
10. López, S.; de la Fuente, A.; Suárez, F.; Meruane, C. Estudio experimentao del flujo ed calor en la interfaz agua-sedimentos de lagunas someras. In *I Congreso Chileno de Ingeniería Ambiental en Sistemas Acuáticos*; Santiago, Chile, 2016.
11. Tranvik, L. J.; Downing, J. A.; Cotner, J. B.; Loiselle, S. A.; Striegl, R. G.; Ballatore, T. J.; Dillon, P.; Finlay, K.; Fortino, K.; Knoll, L. B.; Kortelainen, P. L.; Kutser, T.; Larsen, S.; Laurion, I.; Leech, D. M.; McCallister, S. L.; McKnight, D. M.; Melack, J. M.; Overholt, E.; Porter, J. A.; Prairie, Y.; Renwick, W. H.; Roland, F.; Sherman, B. S.; Schindler, D. W.; Sobek, S.; Tremblay, A.; Vanni, M. J.; Verschoor, A. M.; von Wachenfeldt, E.; Weyhenmeyer, G. A. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnol. Oceanogr.* **2009**, *54*, 2298–2314.
12. de la Fuente, A.; Meruane, C. Investigación en el salar del Huasco. entendiendo los procesos fundamentales que mantienen a los Salares, y que explican la vida en torno a estos ecosistemas altiplánicos. <http://www.investigacion-salares.cl/>.