

# HIDROQUÍMICA Y FACIES EVAPORÍTICAS EN LA LAGUNA DE CHASILAUQUEN, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Rosario Acosta<sup>a</sup>, Eleonora S. Carol<sup>a</sup>, María del Pilar Alvarez<sup>b</sup>, Francisco A. Cellone<sup>c</sup> y Guido E. Borzi<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigaciones Geológicas, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de La Plata (CIG – CONICET – UNLP), ARGENTINA.

<sup>b</sup>Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales, Centro Nacional Patagónico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IPEEC – CENPAT – CONICET), ARGENTINA.

<sup>c</sup>Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de La Plata (CIM – CONICET – UNLP), ARGENTINA.

e-mail: [racosta@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:racosta@cig.museo.unlp.edu.ar)

## RESUMEN

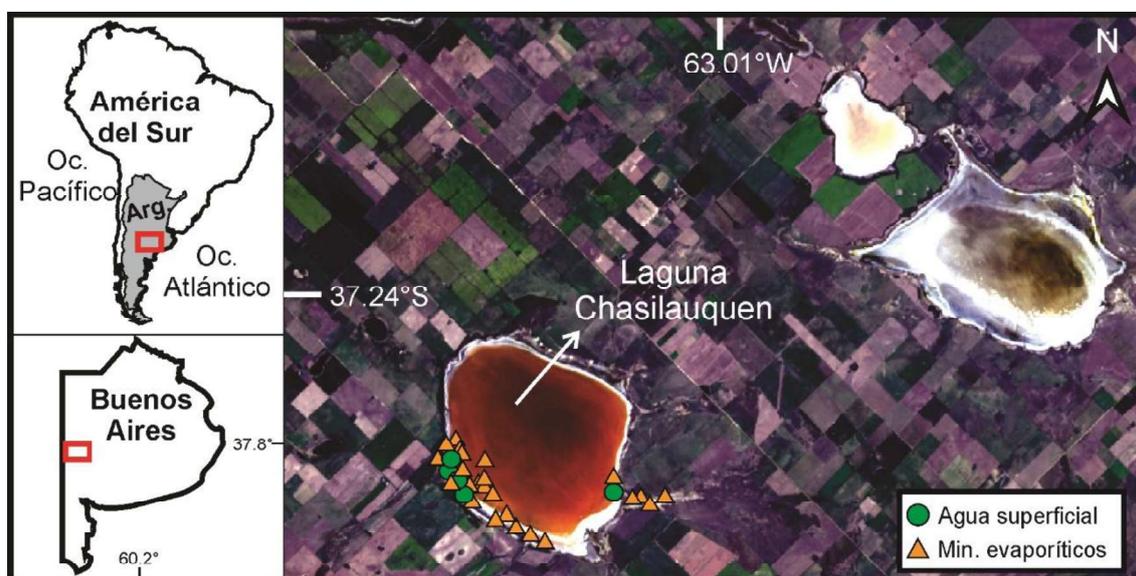
*Los humedales lagunares salinos e hipersalinos son ambientes que se encuentran principalmente en cuencas endorreicas de regiones áridas y semiáridas, aunque también se reconocen en regiones de clima subhúmedo. Dentro de este contexto climático y geomorfológico, existen en el oeste de la Provincia de Buenos Aires humedales salinos e hipersalinos, como lo es la laguna de Chasilauquen. En la misma, el agua es eliminada del sistema principalmente por evaporación, dando lugar a la precipitación de minerales evaporíticos. El objetivo de este trabajo es realizar una caracterización hidroquímica de la laguna e identificar los minerales que se forman producto de la evaporación del agua. La relación entre precipitación y evapotranspiración se determinó a partir de balances hídricos para el período 2011-2021. Se muestreó el agua superficial en distintos sectores de la laguna y se tomaron muestras de precipitados evaporíticos dentro y en los márgenes de la laguna. In situ se midió la conductividad eléctrica y el pH de las muestras de agua, con un equipo multiparamétrico, y en laboratorio la concentración de iones mayoritarios. La mineralogía de las muestras de sales fue determinada a través de la observación en microscopio electrónico de barrido con EDAX. El balance hídrico evidencia que la evapotranspiración media potencial es de 784,5 mm y supera a las precipitaciones medias anuales (709 mm). La laguna presentó valores de conductividad eléctrica entre 143 y 158 mS/cm y un carácter hidroquímico clorurado sódico. La evaporación del agua de la laguna da lugar a la formación de cloruros y sulfatos de sodio de tipo thenardita y halita desarrollándose generalmente la thenardita por sobre los cristales de halita. Las observaciones de campo muestran que esta precipitación de minerales ocurre antes de la evaporación total, registrándose estos también en los sectores en donde la laguna presenta una lámina somera de agua.*

Palabras Clave: Evaporitas, Lagunas Endorreicas, Humedales hipersalinos.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales lagunares salinos e hipersalinos son ambientes que se encuentran principalmente en cuencas endorreicas de regiones áridas, semiáridas y subhúmedas (Canevari et al., 1999; Yechieli y Wood, 2002; Jones y Deocampo, 2003). Dentro de este contexto climático y geomorfológico existen en el oeste de la Provincia de Buenos Aires humedales salinos e hipersalinos, algunos de los cuales conforman salinas con potencial económico (SEGEMAR UNSAM 2003; Alonso, 2006). Un ejemplo es el caso de la laguna de Chasilauquen (ver Fig. 1) la cual se aloja en una cubeta endorreica dentro de

un ambiente geomorfológico mayor asociado a planicies elevadas y valles transversales. Dentro de ella la lámina de agua somera es evaporada debido a la elevada tasa de evaporación dando lugar a la precipitación de distintos minerales evaporíticos (Guido et al., 1998). El objetivo de este trabajo es realizar una caracterización hidroquímica de la laguna e identificar los minerales que se forman producto de la evaporación del agua superficial.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio y de los puntos de muestreo de agua superficial y de precipitados evaporíticos.

## MÉTODOS

En primer lugar, se analizaron datos de temperatura y precipitaciones registrados por la estación meteorológica Bordenave EMC con ubicación  $-37,84^\circ$  latitud y  $-63,02^\circ$  longitud, correspondiente a la base de datos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022). Es importante resaltar que, si bien dicha estación no se encuentra dentro del área de estudio, está próxima a la misma y posee una serie completa de datos, no encontrando ninguna de esas características dentro del área en cuestión. Se confeccionaron balances hídricos mensuales para la década 2011 – 2021 utilizando el método de Thornthwaite y Mater (1957) para analizar la relación entre la evapotranspiración y la precipitación.

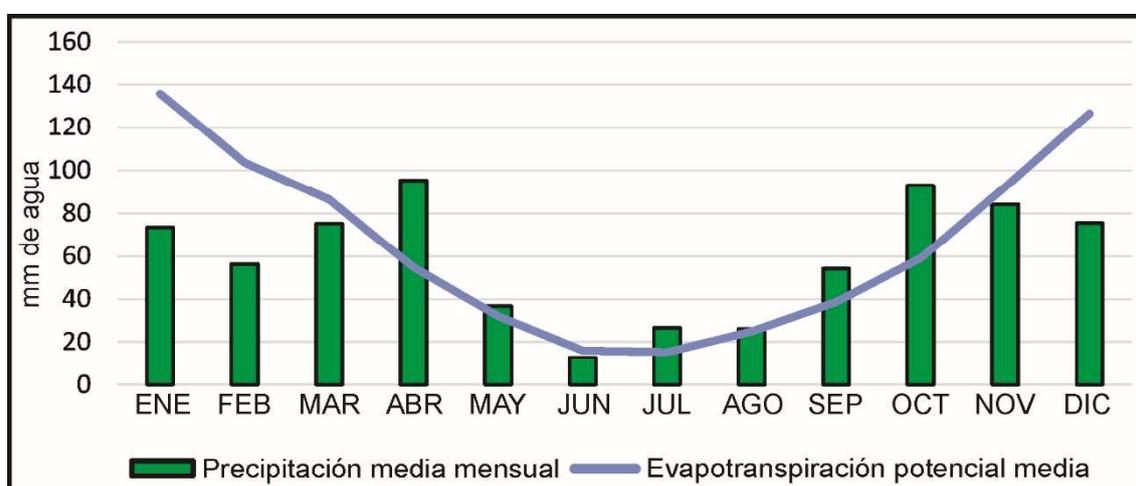
A su vez, se generó una red de monitoreo para tomar muestras de agua superficial de la laguna y muestras de precipitados evaporíticos dentro y en los márgenes de la misma. El pH y la conductividad eléctrica (CE) del agua fue medido *in situ* con un equipo multiparamétrico portátil (Lutron WA-2017SD). Luego se tomaron muestras para el análisis de iones mayoritarios según métodos estandarizados (APHA, 1998) en el laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG). Los datos presentados corresponden a un muestreo realizado en Febrero 2022. Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) fueron determinados por titulación. Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) por fotometría de llama y sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por espectrofotometría UV-Visible. Los datos químicos fueron procesados utilizando el software Diagrammes (Simler, 2009) para graficar los diagramas de Stiff

(1951). Esta información fue volcada en un sistema de información geográfica (QGIS 3.16.5) para analizar espacialmente la química del agua.

Por su parte, la mineralogía de las muestras de precipitados evaporíticos fue determinada a través de la observación en microscopio electrónico de barrido con EDAX (Zeiss Sigma 300 VP).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El balance hídrico (ver Fig. 2) realizado para la década 2011-2021 evidencia que la evapotranspiración potencial media mensual supera a la precipitación media mensual en la mitad de los meses del año, siendo la diferencia entre ambas considerable en verano. Los meses más húmedos fueron octubre y abril con precipitaciones de más de 90 mm y los más secos junio y julio con 20 mm. Por su parte, las mayores temperaturas medias fueron registradas en enero (23,6°C) y las menores en junio y julio con 7,1°C. A su vez, a lo largo de la década, la evapotranspiración media anual es de 784,5 mm, y supera a las precipitaciones medias anuales que alcanzan valores de 709 mm.



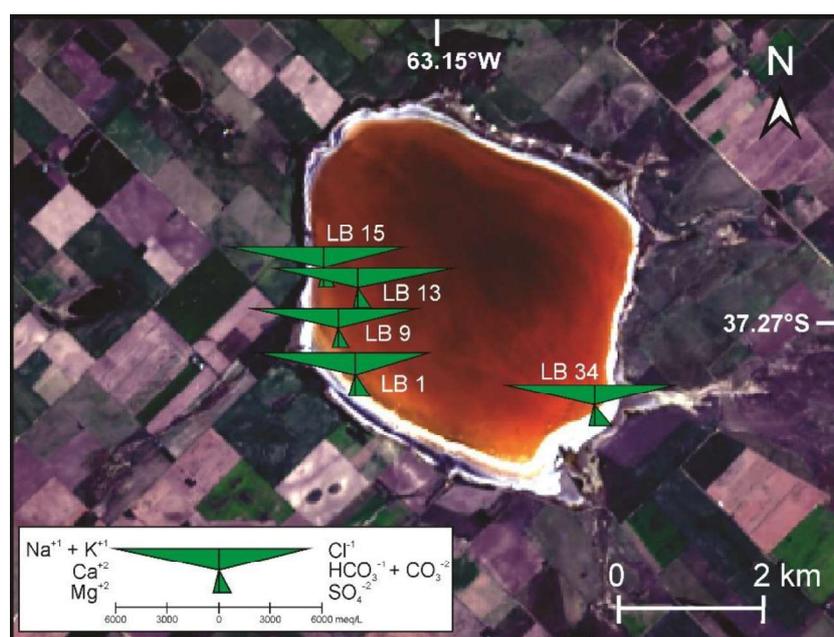
**Figura 2.** Balance hídrico mensual para la década 2011 – 2021.

Las muestras de agua de la Laguna Chasilauquen presentaron valores de CE entre 148 y 158 mS/cm, que son indicativas de ambientes hipersalinos, y pH entre 8,08 y 8,7, no habiendo sustanciales diferencias entre los distintos puntos de muestreo dentro de la laguna (ver Tabla I).

En la Fig. 3 es posible observar los diagramas Stiff para las muestras de agua superficial, que evidencian que no existen variaciones tanto en las facies químicas como en las concentraciones iónicas dentro de la laguna. Los mismos presentan un marcado carácter hidroquímico clorurado sódico, superando la concentración de estos iones ampliamente a la del resto en todas las muestras, con valores que oscilan entre 5199 a 6463 meq/L para el cloruro y entre 5698 y 6089 meq/L para el sodio. Por otro lado, se registraron bajos valores de potasio (entre 16,11 y 17,9 meq/L), carbonato (entre 7,92 y 20,16 meq/L) y bicarbonato (entre 6,8 y 11,8 meq/L), valores casi imperceptibles de calcio y nitrato (entre 0,99 y 1,13 meq/L y 0,9 y 1,14 meq/L respectivamente) y valores intermedios de magnesio y sulfato (entre 320 y 389 meq/L para el magnesio y 687 y 1145 meq/L para el sulfato).

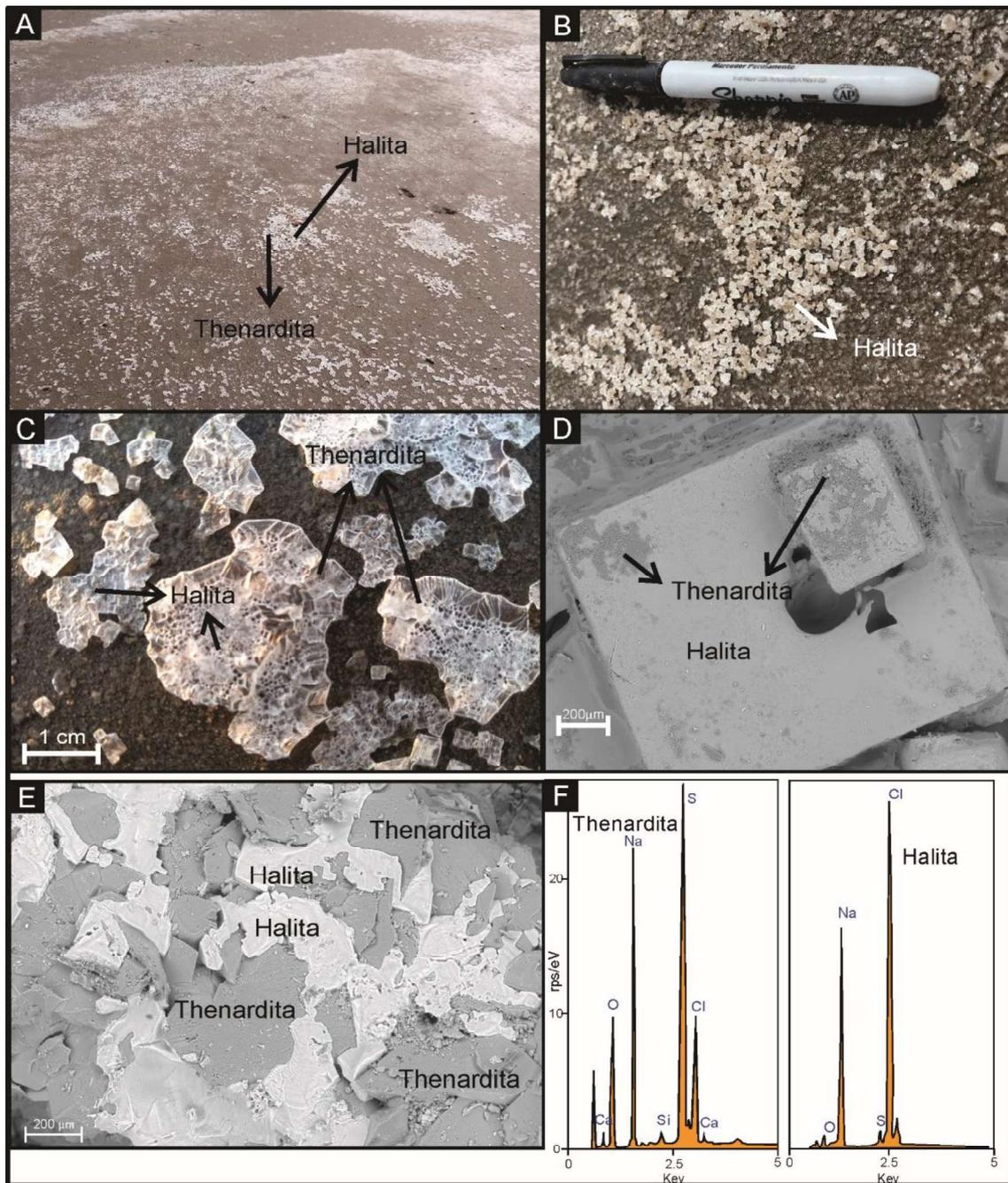
Tabla I. pH y CE de las muestras de agua superficial de la laguna.

Muestra de agua	pH	CE (mS/cm)
LB1	8,41	149,9
LB9	8,14	158,5
LB13	8,18	158,4
LB15	8,08	152,2
LB34	8,70	143,7



**Figura 3.** Facies del agua superficial de la laguna a partir de los diagramas de Stiff.

Por último, las muestras de precipitados evaporíticos analizados se encuentran formando tanto eflorescencias como costras de hasta 0,5 cm en superficie sobre los sedimentos clásticos de la laguna (ver Fig. 4a) con morfología cúbica, anhdral y prismática. Es posible encontrar precipitados monominerales (Fig. 4b) o poliminerales (Fig. 4c) en donde la parte central está compuesta predominantemente por cristales de halita y los bordes por thenardita. Los análisis del microscopio electrónico de barrido con EDAX reflejan que la mineralogía está compuesta por cloruros y sulfatos de sodio de tipo halita y thenardita respectivamente, desarrollándose generalmente la thenardita por sobre los cristales de halita (Fig. 4 d, e y f).



**Figura 4. a.** Precipitados evaporíticos sobre los sedimentos clásticos de la laguna. **b.** Precipitados monominerales de halita. **c.** Precipitados poliminerales de halita y thenardita. **d y e.** imagen de microscopio electrónico de barrido de halita y thenardita. **f.** EDAX de Thenardita y Halita.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que la evapotranspiración media potencial superior a la precipitación media mensual en seis meses del año permite que se evapore gran parte del agua de la laguna, dando lugar a la precipitación de minerales producto de un aumento de la concentración por evaporación. Los valores de CE, pH y facies hidroquímicas fueron similares en todos los puntos de muestreo evidenciando una dominancia de condiciones hipersalinas, levemente alcalinas y facies cloruradas sódicas. Los minerales evaporíticos

presentes son cloruros (halita) y sulfatos de sodio (thenardita), los cuales precipitan por evaporación, siendo estos los iones más abundantes en el agua de la laguna.

## REFERENCIAS

- Alonso, R. N. Ambientes Evaporíticos Continentales de Argentina. INSUGEO; Serie de Correlación Geológica, 21: 12-2006; 155-170, (2006).
- APHA. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington DC. (1998).
- Canervari, P., Blanco, D. E., Bucher, E. Los beneficios de los humedales de la Argentina. Amenazas y propuestas de soluciones. Wetlands International, 1999.
- Guido, D., de Barrio, R., Del Blanco, M., Tessone, M. Geología y geoquímica de la sulfatera Chasilauquen, partido de Adolfo Alsina, Provincia de Buenos Aires. *5º Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Actas*, 1: 217-224, Mar del Plata (1998).
- Jones, B. F., y Deocampo, D.M. Geochemistry of saline lakes. J.I. Drever (Ed.), *Treatise on Geochemistry: Surface and Groundwater, Weathering and Soils*, 5: 365-392 (2003).
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico del INTA. <http://siga.inta.gob.ar/#/> (2022).
- SEGEMAR-UNSAM. Sales. Publicación técnica del SEGEMAR – UNSAM N9. ISSN03295230, (2003).
- Simler, R. Diagrammes: Logiciel d'hydrochimie multilangage en distribution libre. Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon. Versión 6.59. (2009).
- Stiff, H. A. the interpretation of chemical water analysis by means of pattern. *Journal of Petrol Technol* 3(10): 15-17 (1951).
- Thornthwaite, C. W., and Mather, J. R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publication in Climatology*, 10: 185-311 (1957).
- Yechieli, Y., Wood, W. W. Hydrogeologic processes in saline systems: playas, sabkhas and saline lakes. *Earth Science Reviews*, 58: 343-365 (2002).