

Evaluación química del agua superficial y subterránea en el sistema lagunar El Hinojo, Pcia. de Buenos Aires

Carolina Tanjal¹, Guido Borzi¹, Lucía Santucci¹, Francisco Cellone², Eleonora Carol¹

Resumen El sistema lagunar El Hinojo se localiza en el centro-este de la provincia de Buenos Aires y es un ejemplo de la diversa cantidad de lagunas pampeanas. El objetivo de este trabajo es evaluar la química del agua superficial y subterránea en dicho sistema lagunar mediante el análisis multivariado de los datos. Mediante la observación de imágenes satelitales y relevamientos de campo, se generó una red de monitoreo tanto de agua superficial como subterránea. In situ se midió pH y conductividad eléctrica del agua y se tomaron muestras para el análisis de elementos mayoritarios y nutrientes solubles según métodos estandarizados. Para realizar el análisis multivariado se utilizó el análisis de multicomponentes (ACP) y el de conglomerados (AC). En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observó que la CE del agua subterránea presenta en general mayor salinidad que el agua de las lagunas. El pH presentó valores neutros a alcalinos en el agua superficial y valores variables entre levemente ácidos a alcalinos en el agua subterránea. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, el agua superficial de las lagunas es de tipo clorurada a sulfatada sódica, mientras que el agua subterránea es de tipo clorurada a bicarbonatada sódica. En el ACP realizado, los componentes principales obtenidos explican el 73.9% de la varianza. Por otro lado, el AC permitió agrupar las distintas muestras de agua tanto superficial como subterránea según sus similitudes en términos fisicoquímicos, obteniéndose así 4 grupos. La aplicación del análisis multivariado demostró ser una herramienta útil ya que permitió simplificar el estudio de las características hidroquímicas del agua superficial del sistema lagunar El Hinojo y del agua subterránea en las adyacencias del mismo. Los datos presentados son preliminares, no obstante, contribuyen a lograr un mejor entendimiento de las características hidroquímicas del agua superficial y subterránea de las lagunas estudiadas, el cual actualmente es escaso.

Palabras clave Análisis de multicomponentes, análisis de conglomerados, lagunas pampeanas.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas pampeanas constituyen ambientes muy comunes en la provincia de Buenos Aires, encontrándose distribuidas sobre todo su territorio (Grosman, 2008). Dada su escasa profundidad se trata de lagunas polimícticas, donde el emplazamiento se da en antiguas cubetas de deflación originadas por la acción eólica en periodos de clima árido durante el Cuaternario (Tricart, 1973; Zárate & Tripaldi, 2012). Bajo las condiciones húmedas actuales, el nivel freático se encuentra próximo a la superficie siendo interceptado por el lecho de las cubetas de deflación, ocasionando la formación de los cuerpos de agua.

Estos cuerpos lagunares reciben el aporte de las precipitaciones, la descarga de agua subterránea somera y afluentes naturales, por lo que el tiempo de permanencia del agua y la salinidad son altamente variables. Asimismo, la geomorfología y las condiciones fisicoquímicas y biológicas propias de cada laguna condicionan fuertemente el estado de las mismas, pudiendo ser agravado por la influencia de las actividades humanas.

El sistema lagunar El Hinojo se localiza 34 km al oeste de la localidad de Dolores, en el centro-este de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1) y es un ejemplo de la diversa cantidad de lagunas pampeanas en el área. Este sistema se compone de las lagunas El Hinojo, del Medio y El Doradillo, siendo la primera

¹Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Email: ctanjal@cig.museo.unlp.edu.ar

²Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CONICET-UNLP), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

la única que presenta agua de manera permanente. El objetivo de este trabajo es evaluar la química del agua superficial y subterránea en dicho sistema lagunar mediante el análisis multivariado de los datos. Las técnicas de análisis multivariado, tales como el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados (AC), han sido ampliamente utilizadas en estudios hidroquímicos y ambientales para reducir la complejidad de conjuntos de datos a gran escala (Menció & Mas-Pla, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante la observación de imágenes satelitales y relevamientos de campo, se generó una red de monitoreo tanto de agua superficial como subterránea (Fig. 1a). La toma de muestras de agua superficial se realizó directamente del cuerpo lagunar, mientras que en el caso del agua subterránea se realizaron freáticos con barreno manual hasta 2,5 m de profundidad. In situ se midió pH y conductividad eléctrica (CE) del agua y luego, se tomaron muestras para el análisis de elementos mayoritarios y nutrientes solubles según métodos estandarizados (APHA, 1998) en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG, CONICET-UNLP). Los datos presentados en este trabajo corresponden a un muestreo realizado en octubre de 2023. Bicarbonato (HCO_3^-), cloruro (Cl^-), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) fueron determinados por titulación. Sodio (Na^+) y potasio (K^+) por fotometría de llama, mientras que sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-) y fósforo soluble (PO_4^{3-}) fueron medidos por espectrofotometría UV-Visible. Por otro lado, para el análisis multivariado se utilizó el paquete estadístico SPSS (versión 15.0.1, 2006, SPSS INC.). El ACP permitió reducir la dimensionalidad e identificar asociaciones entre las variables hidroquímicas ya que se utilizaron todos los parámetros medidos. El AC, por su parte, permitió clasificar los objetos del sistema en categorías o grupos basados en su cercanía o similitud. Para ello, se utilizó el método de Ward y los componentes principales obtenidos en el ACP.

RESULTADOS

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observó que la CE del agua subterránea presenta en general mayor salinidad que el agua de las lagunas. La CE en las lagunas varió entre 4.34 y 8.96 mS/cm mientras que, en el agua subterránea somera entre 3.37 y 21.10 mS/cm. El pH, por su parte, presentó valores neutros a alcalinos en el agua superficial y valores variables entre levemente ácidos a alcalinos en el agua subterránea. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, el agua superficial de las lagunas es de tipo clorurada a sulfatada sódica (Fig. 1b) con concentraciones medias de 1188,77, 1027.05 y 977.5 mg/L para Cl^- , SO_4^{2-} y Na^+ , respectivamente. Los contenidos de NO_3^- varían entre 17.79 y 49.45 mg/L, y los de PO_4^{3-} varían entre 0.034 y 2.369 mg/L. Por otro lado, el agua subterránea es de tipo clorurada a bicarbonatada sódica (Fig. 1b) con concentraciones medias de 2926.7 mg/L para Cl^- , 893.24 mg/L para HCO_3^- y 1870 mg/L para Na^+ . A su vez, los contenidos de NO_3^- varían entre 2.40 y 142.13 mg/L y los de PO_4^{3-} entre 0.028 y 0.229 mg/L.

Previo al cálculo del análisis del ACP, se evaluaron los supuestos que debe cumplir para su validez. Se encontró un valor de 386,7 para el estadístico chi-cuadrado de Bartlett (para 55 grados de libertad y un nivel mínimo de significancia de <0.001) aplicando la prueba de esfericidad de Bartlett, confirmando que las variables no son ortogonales, sino correlacionadas. Además, la medida de adecuación del muestreo (MAM) obtenido por el Kaiser-Meyer-Olkin fue de 0.685.

En el ACP realizado, los componentes principales obtenidos 1 y 2 explican el 73.9% de la varianza (Fig. 1c). El componente principal 1 (CP 1) explica el 55.6% de la varianza total presentando correlaciones positivas con la CE, Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ asociadas principalmente al agua subterránea ya que es la que presenta las mayores salinidades (Fig. 1c y d). El componente principal 2 (CP 2), por su parte, explica el 18.3% y correlaciona positivamente pH y PO_4^{3-} , y negativamente al HCO_3^- , relacionado al agua superficial donde se determinaron los mayores contenidos de dicho nutriente

asociado a pH alcalinos (Fig. 1c y d). Cabe destacar que el contenido de NO_3^- no es explicado por ninguno de los CP obtenidos, aunque presenta una leve correlación positiva con el CP2, lo cual permitiría afirmar que el mismo no deriva de fuentes antrópicas y solo es afectado por los procesos naturales de nitrificación-desnitrificación.

Por otro lado, el AC permitió agrupar las distintas muestras de agua tanto superficial como subterránea según sus similitudes en términos fisicoquímicos, obteniéndose así 4 grupos (Fig. 1d y e). Un primer grupo, A, está compuesto por muestras tanto de agua superficial como subterránea las cuales presentan valores de pH alcalinos, baja CE y contenidos levemente altos de NO_3^- . El segundo grupo, B, contiene aquellas muestras de agua subterránea con valores de pH ácidos a ligeramente alcalinos con los mayores contenidos en HCO_3^- . Por el contrario, el grupo C, está compuesto principalmente por muestras de agua superficial que presentan valores alcalinos de pH (mayores a 9) y los mayores contenidos de ambos nutrientes solubles. Por último, el grupo D está formado por muestras de agua subterránea en las cuales se determinaron los contenidos iónicos más altos.

CONCLUSIÓN

De esta manera, la aplicación del análisis multivariado demostró ser una herramienta útil ya que permitió simplificar el estudio de las características hidroquímicas del agua superficial del sistema lagunar El Hinojo y del agua subterránea en las adyacencias del mismo. Asimismo, permitió analizar el contenido y distribución de los nutrientes solubles, los cuales están vinculados a los procesos de eutrofización, pudiendo observar que los mismos estarían respondiendo a procesos naturales no siendo afectados por la actividad antrópica. Cabe destacar que los datos presentados en este trabajo son preliminares, no obstante, contribuyen a lograr un mejor entendimiento de las características hidroquímicas del agua superficial y subterránea de las lagunas estudiadas, el cual actualmente es escaso. Futuros estudios deberán evaluar con mayor detalle los procesos hidrogeoquímicos que condicionan la composición del agua, al igual que la distribución de los nutrientes, considerando la importancia ambiental y socioeconómica de este tipo de ambientes.

REFERENCIAS

- APHA** (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (twentieth ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Grosman, F.** (2008). Capítulo i: Una invitación a conocer nuestras lagunas pampeanas. *Espejos en la llanura: nuestras lagunas de la región pampeana*, 19–38.
- Menció, A. & Mas-Pla, J.** (2008). Assessment by multivariate analysis of ground water–surface water interactions in urbanized Mediterranean streams. *Journal of Hydrology*, 362, 355–366. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.08.013>
- Tricart, J.** (1973). *Geomorfología de la Pampa Deprimida: base para los estudios edafológicos y agronómicos*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Zárate, M. A. & Tripaldi, A.** (2012). The aeolian system of central Argentina. *Aeolian Research*, 3(4), 401–417. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2011.08.002>

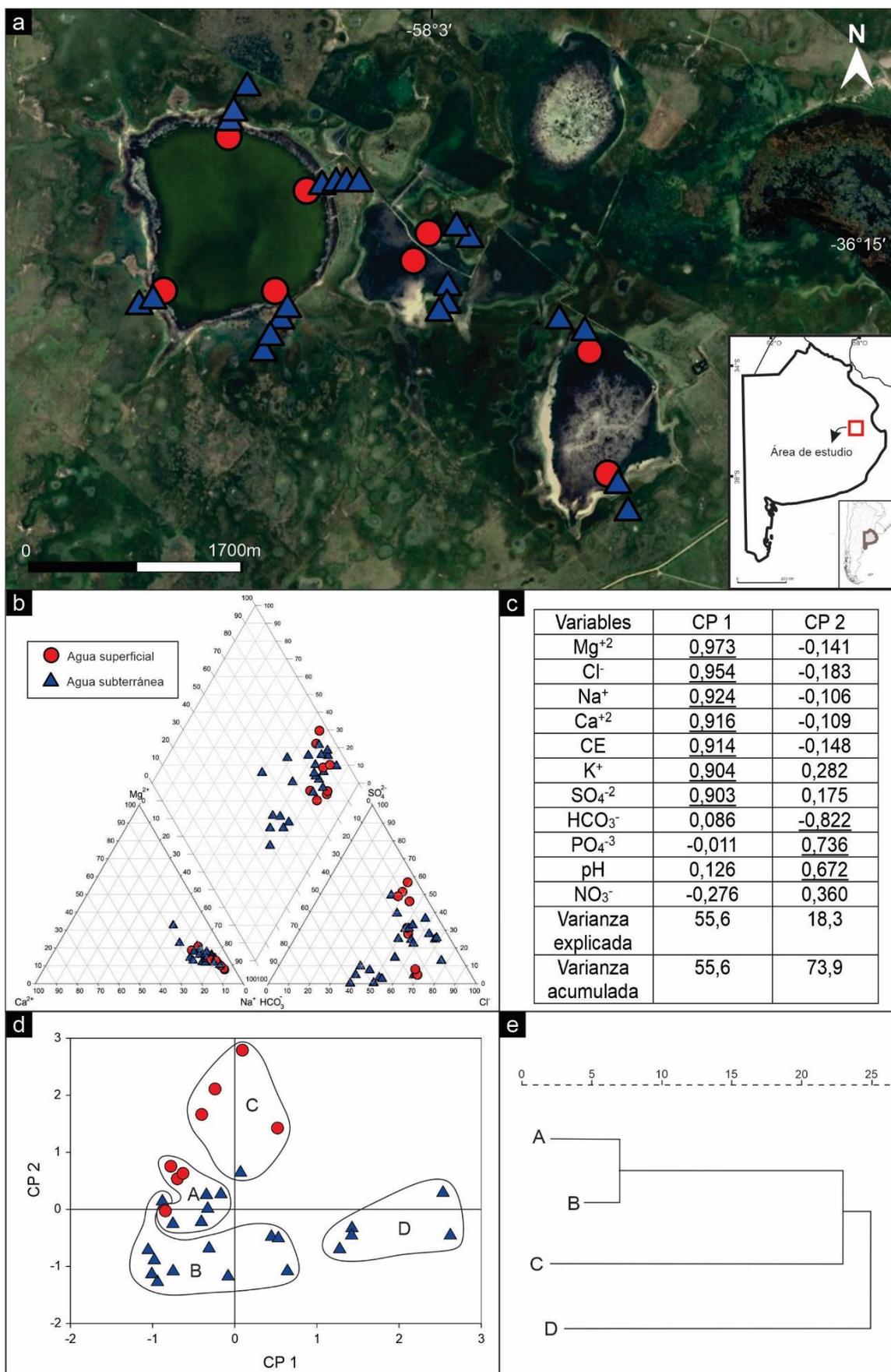


Figura 1. a) Ubicación del área de estudio y de los puntos de muestreo. b) Diagrama de Piper. c) Resultado del ACP. d) Diagrama bivalente con los componentes principales y grupos obtenidos del análisis multivariado. e) Dendrograma resultante del AC.