
Caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas en la subcuenca del río Zaratí

González-González, Alexandra

Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil
Panamá, Panamá
alexandra.gonzalez1@utp.ac.pa

Fábrega-Duque, José

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0003-1536-0386
Jose.fabrega@utp.ac.pa

Adar, Eilon

Ben Gurion University
Israel, Israel
eilon@bgu.ac.il

Atencio, Betzabé

Ben Gurion University
Israel, Israel
betzabe.atencio24@gmail.com

Abstract

In Panama, we do not know the delimitations and types of aquifers we have, specifically in the Arco Seco region, which is one of the areas with the greatest use of groundwater resources. Given the limitations of available information, this study developed a chemical characterization of groundwater in the Zaratí River sub-basin, in the province of Coclé, to illuminate the dynamics of the aquifer or aquifers found within this sedimentary basin. The classification of groundwater according to Piper's diagram reveals three facies: for groundwater as Ca-Na-HCO₃, surface water as Na-Ca-HCO₃, indicating that they are recent waters and thermal waters of El Valle de Antón with the Na-Ca-Cl facies coming from a deep aquifer. Water quality is generally good, with the exception of a few wells in the north of the sub-basin with concentrations >10 mg/l. Cluster analysis classified the wells into three groups based on their hydrogeochemical physiognomies.

Key words: Hydrogeology, water chemistry, aquifers

Resumen

En Panamá desconocemos las delimitaciones y tipos de acuíferos con los que contamos, específicamente en la región del Arco Seco, la cual es una de las zonas con mayor uso de recursos subterráneos. Ante las limitaciones de información disponible, este estudio desarrollo una caracterización química de las aguas subterráneas de la subcuenca del río Zaratí, en la provincia de Coclé, para iluminar la dinámica del o los acuíferos que se encuentran dentro de esta cuenca sedimentaria. La clasificación de aguas subterráneas según el diagrama de Piper revela tres facies: para las aguas subterráneas de tipo Ca-Na-HCO₃, las superficiales como Na-Ca-HCO₃, indicando que son aguas recientes y aguas termales de El Valle de Antón con la facie Na-Ca-Cl provenientes de un acuífero profundo. Generalmente la calidad de las aguas es buena, a excepción de algunos pozos al norte de la subcuenca con concentraciones >10 mg/l. El análisis de conglomerados clasificó los pozos en tres grupos en función de sus fisonomías hidrogeoquímicas.

Palabras claves: Hidrogeología, química del agua, acuíferos

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el mapa geológico de Panamá, la subcuenca del río Zaratí y sus alrededores está dada por formaciones sedimentarias y volcánicas. En la parte alta, el agua subterránea se encuentra almacenada en rocas volcánicas ígneas, donde se encuentran las zonas de recarga. Mientras que en la parte baja el agua se almacena en rocas volcánicas de buena permeabilidad y por encima de esta una formación sedimentaria, considerándose el área de descarga debido a que los niveles freáticos son muy someros[1], [2].

Se han desarrollado estudios puntuales en la subcuenca baja de Zaratí a partir de evaluaciones físicas y geológicas, permitiendo entender el comportamiento del sistema [2], [3]. Sin embargo, los resultados muestran un complejo sistema acuífero, heterogéneo y anisotrópico debido a las diferentes capas de materiales volcánicos y sedimentarios producto de las distintas erupciones del Volcán El Valle de Antón [4].

Frente a la complejidad del sistema se optó por evaluarlo desde el punto de vista de la hidroquímica, ya que a medida que el agua pasa a través de sus vías de recarga hasta los de descarga, varios tipos de procesos hidrogeoquímicos alteran el estado físico y propiedades químicas de las aguas subterráneas, arrojando información que permite describir la dinámica de las aguas e identificar posibles subunidades acuíferas.

2. MÉTODO

Se colectaron 79 muestras de agua de las cuales 15 corresponden a manantiales y 54 a

pozos, distribuidos espacialmente dentro de la SRZ y sus alrededores, además de 10 a muestras de agua superficial del río Zaratí. Las mismas fueron filtradas con filtros de 0.45 micras y almacenadas en viales de 30 ml y acidificadas. Se analizaron aniones y cationes con Cromatografía Iónica (IC) y Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), respectivamente, en los laboratorios de análisis de agua del Zuckerberg Institute of Water Research, Israel.

Para el análisis de los resultados se utilizó el diagrama de Piper para determinar el comportamiento de los aniones y cationes en las muestras. También se realizó un análisis jerárquico de conglomerados (HCA) para identificar grupos de pozos homogéneos, en base a la similitud entre ellas utilizando el método de Ward como algoritmo de agrupamiento. Este método determina la distancia entre grupos a partir de la suma de cuadrados en el análisis de varianza (ANOVA), combinando todas las variables consideradas[5]–[7].

3. RESULTADOS

A través del diagrama de Piper en la figura 1, se puede determinar que las aguas subterráneas en la subcuenca del río Zaratí son principalmente de facies Ca-Na-HCO₃. Las aguas superficiales se caracterizan como Na-Ca-HCO₃, indicando que son aguas recientes. A diferencia de las aguas termales de El Valle de Antón con la facie Na-Ca-Cl, dado la elevada concentración de Cl como se muestra en la figura 2 se trata de un acuífero profundo.

En cuanto a calidad de agua, la subcuenca de Zaratí generalmente cumple con la normativa DGNTI-COPANIT 21-2019, pero presentan elevadas concentraciones de NO₃⁻ (>10 mg/l) específicamente en la parte alta, como se muestra en la figura 2. Esto se debe posiblemente a la actividad agrícola, ganadera o doméstica.

El análisis de conglomerados (figura 3) refleja generalmente tres grupos distintos de aguas subterráneas. El primero conformado por los pozos termales del Valle de Antón, seguido por un gran grupo de pozos geográficamente distribuidos en la cuenca alta de Zaratí y por último un grupo muy característico de la cuenca baja. La subdivisión de estos conglomerados revela la complejidad geológica de la subcuenca y la existencia de dos acuíferos uno local y otro regional.

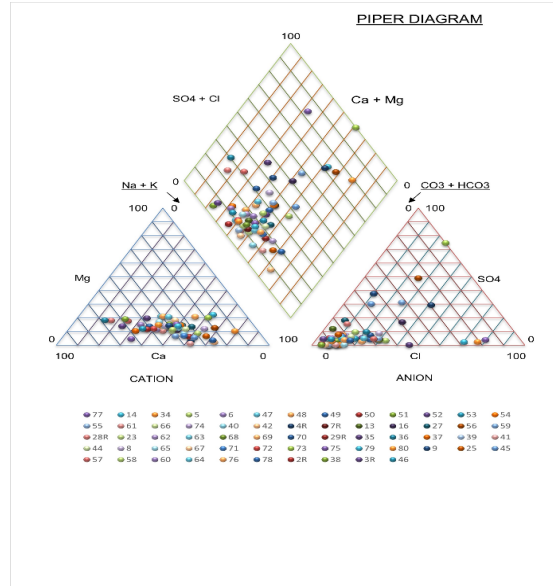


Figura 1. Distribución de las muestras sobre el diagrama de Piper

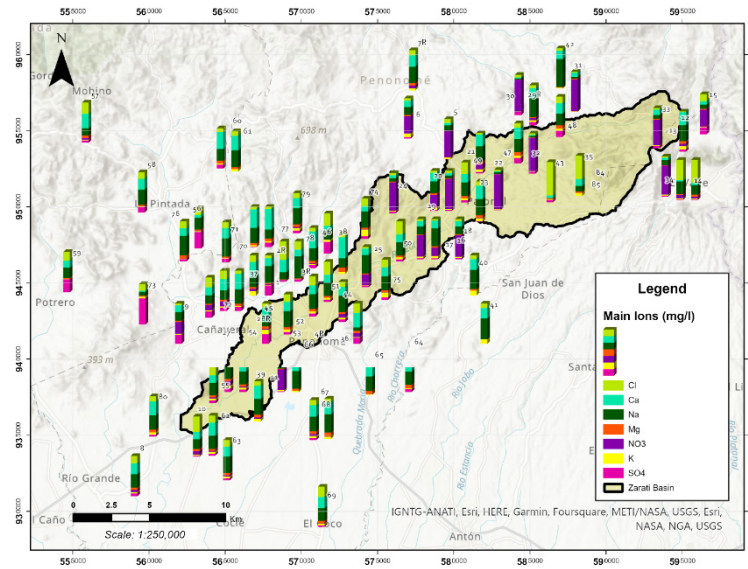


Figura 2. Distribución espacial de los principales iones mayoritarios y la representación de concentraciones en mg/l de cada elemento por pozo.

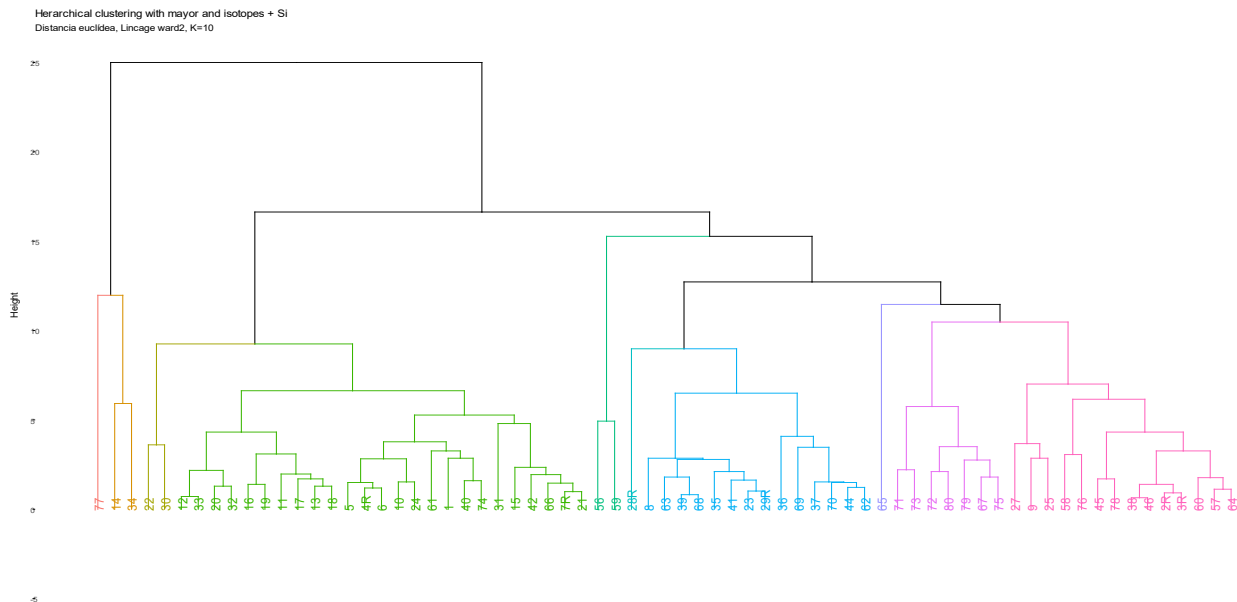


Figura 3. Resultados del análisis de conglomerados

4. CONCLUSIONES

A pesar de no contar con información litología y un monitoreo continuo de las aguas subterráneas, la hidroquímica se posiciona como una herramienta eficaz para tener una perspectiva de los procesos principales que controlan la variabilidad de la hidroquímica de las aguas subterráneas en la subcuenca del río Zaratí.

Las concentraciones de $\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/l}$ se encuentran localizados en la parte alta del área de estudio en manantiales y pozos comunitarios.

La complejidad geológica en el área de estudio se refleja en los resultados de los análisis de conglomerados. En su mayoría, los pozos no muestran una correlación geográfica con una presunta trayectoria de flujo de agua subterránea.

REFERENCIAS

- [1] P. Salinas, "Modelo Conceptual Hidrogeológico de la cuenca del río Zaratí," Universidad Nacional de la Pampa, 2010. [Online]. Available: http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/r_salmod000.pdf
- [2] G. E. Gordon and L. A. Ramos, "Modelo hidrogeológico conceptual de la subcuenca baja del río Zaratí," Universidad Tecnológica de Panamá, 2017.
- [3] M. Lorenzo, E. Sanchez, M. Munoz, J. Fabrega, J. A. Leiva, and M. G. Castellon, "Groundwater Budget of the Zaratí River Sub-Catchment," *Proc. - 2022 8th Int. Eng. Sci. Technol. Conf. IESTEC 2022*, pp. 567–574, 2022, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00095.
- [4] H. Sandoval, T. Destro, R. Rodriguez, E. Martinez, E. Gutierrez, and Y. Solis, "Study and description of

the Soap Stone of Pajonal,” *Proc. - 2022 8th Int. Eng. Sci. Technol. Conf. IESTEC 2022*, pp. 733–739, 2022, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00120.

- [5] L. Mena-Rivera, V. Salgado-Silva, C. Benavides-Benavides, J. M. Coto-Campos, and T. H. A. Swinscoe, “Spatial and seasonal surface water quality assessment in a tropical urban catchment: Burío River, Costa Rica,” *Water (Switzerland)*, vol. 9, no. 8, 2017, doi: 10.3390/w9080558.
- [6] S. U. Wali *et al.*, “Hydrochemical characterization of shallow and deep groundwater in Basement Complex areas of southern Kebbi State, Sokoto Basin, Nigeria,” *Appl. Water Sci.* 2019 98, vol. 9, no. 8, pp. 1–36, Oct. 2019, doi: 10.1007/S13201-019-1042-5.
- [7] D. Machiwal and M. K. Jha, “Identifying sources of groundwater contamination in a hard-rock aquifer system using multivariate statistical analyses and GIS-based geostatistical modeling techniques,” *J. Hydrol. Reg. Stud.*, vol. 4, pp. 80–110, 2015, doi: 10.1016/j.ejrh.2014.11.005.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.