

AGUA ENTRE MINAS: HIDROGEOLOGÍA Y CALIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MARGAJITA

WATER AMONG MINES: HYDROGEOLOGY AND WATER QUALITY IN THE MARGAJITA RIVER BASIN

 **Concepción Regalado, Roberto**, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Escuela de Geología, República Dominicana
 **Ripoll Morel, Dionifel**, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Escuela de Geología, República Dominicana
 **Dirección Editorial**, Revista Científica El Capacho, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), República Dominicana

Recibido	Aceptado para su publicación	Publicado
2025/10/01	2025/11/15	2025/12/18

RESUMEN

Esta investigación fue realizada en la cuenca del río Margajita, ubicada en la zona de Pueblo Viejo y Hatillo, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. El objetivo fue evaluar las condiciones hidrogeológicas de la cuenca y el impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del recurso hídrico. Se caracterizó la hidrología e hidrogeología de la cuenca, se determinaron mediante análisis de laboratorio las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas superficiales y subterráneas, y se identificaron los tipos de aguas presentes mediante diagramas de Piper, Stiff y Schoeller. La cuenca posee los grupos hidrogeológicos A, B, C y D, con predominio del grupo C que abarca aproximadamente el 60% del área total. Los resultados analíticos indican que las aguas superficiales superan los límites establecidos en distintos parámetros, evidenciando el impacto de las actividades mineras, la agricultura, la ganadería y la descarga de aguas residuales.

PALABRAS CLAVE

calidad del agua, cuenca hidrográfica, diagramas hidroquímicos, grupos hidrogeológicos, Pueblo Viejo, río Margajita

ABSTRACT

This research was conducted in the Margajita River basin, located in the Pueblo Viejo and Hatillo area, Sánchez Ramírez province, Dominican Republic. The objective was to evaluate the hydrogeological conditions and the impact of anthropic activities on water quality. The basin's hydrology and hydrogeology were characterized through laboratory analysis of physical, chemical, and bacteriological properties of surface and groundwater. Water types were identified using Piper, Stiff, and Schoeller diagrams. The basin contains hydrogeological groups A, B, C, and D, with group C predominating at approximately 60% of the total area. Analytical results indicate that surface waters exceed established limits in several parameters, evidencing the impact of mining activities, agriculture, livestock, and wastewater discharge.

KEYWORDS

hydrochemical diagrams, hydrogeological groups, Margajita River, Pueblo Viejo, water quality, watershed

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo se origina en la tesis titulada «Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Margajita, Distrito Minero Cibao Oriental», sustentada por los autores en el año académico 2018, la cual sirvió de requisito para graduarse como Ingeniero en Geología. Dicha tesis fue desarrollada bajo la dirección de la Ing. Yenny Altagracia Rodríguez Encarnación en la Escuela de Geología, Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO). Por estar directamente relacionada con la línea de investigación de interés de la presente edición especial de la Revista Científica El Capacho, la Dirección Editorial ha decidido publicar este artículo.

La cuenca del río Margajita se encuentra ubicada en el Distrito Minero Cibao Oriental, en la zona de Pueblo Viejo y parte del distrito municipal de Zambrana, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. Con una longitud lineal de 6 km, un área de 28.50 km² y un perímetro de 26.28 km, esta cuenca constituye un sistema hidrológico de vital importancia para las comunidades de Hatillo, La Hacienda, Sabana Verde y Los Cacaos, que se abastecen de sus aguas y recursos naturales (Memoria Geológica de Hatillo 6172-I, 1999).

Estudios realizados por el Servicio Geológico Nacional en el Programa SYSMIN II (2008), incluyendo el «Desarrollo de un plan de monitoreo ambiental» y la «Evaluación de riesgos

ambientales y humanos de la cuenca del río Margajita y embalse de Hatillo», indicaron que los acuíferos del cuaternario no están contaminados excepto el acuífero en relación con los aluviales del río Margajita. El transporte de los contaminantes en forma disuelta o de partículas hacia el embalse de Hatillo se produce principalmente mediante las escorrentías de las aguas superficiales del río Margajita (Grandia, 2009).

La problemática hídrica está estrechamente relacionada con las características geológicas de la zona. Al encontrarse cerca del yacimiento Pueblo Viejo, de tipo sulfuro masivo, las aguas de los ríos Margajita y Yuna transportan lixiviados procedentes de las actividades mineras. En el año 2009, el principal contribuyente a la contaminación del embalse era la cuenca del río Margajita (Grandia, 2009). Entre las actividades antrópicas que afectan la calidad de las aguas se encuentran: la agricultura y ganadería, la extracción de agregados, las actividades mineras y la descarga de aguas residuales.

Monge et al. (2016) realizaron la caracterización hidrogeológica de la cuenca del río Las Marías en El Salvador, incluyendo herramientas hidroquímicas y geofísicas. Vega et al. (2014) evaluaron el acuífero del río Tecoripa en Sonora, México. En el ámbito local, Cuevas, Estévez y Durán (2017) caracterizaron las aguas de los principales ríos del municipio de Cotuí, determinando que las propiedades físicas y químicas se encontraban dentro de las normas

aceptadas excepto los valores de hierro total para el río Chacuey.

El objetivo general de esta investigación fue evaluar las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Margajita y el impacto de las actividades antrópicas, describiendo la hidrogeología, caracterizando las propiedades físicas y químicas de las aguas, determinando la calidad bacteriológica e identificando los impactos sobre la calidad hídrica.

2. METODOLOGÍA

La investigación se enmarcó en un diseño descriptivo con enfoque cuantitativo, basado en el análisis de muestras de agua superficial y subterránea recolectadas en múltiples estaciones de la cuenca del río Margajita. Se realizaron campañas de muestreo para la determinación de parámetros físicos (turbidez, temperatura, sólidos totales disueltos), químicos (pH, potencial redox, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, cloro, sulfatos, nitratos, bicarbonatos, amonio, hierro total) y bacteriológicos (coliformes fecales y totales).

2.1. Área de estudio y marco geológico

La Formación Los Ranchos, sustrato geológico principal de la cuenca, consiste en un complejo inferior de basalto almohadillado, flujos basálticos de andesita, flujos dacíticos, tobas e intrusiones, interpretado como un arco insular intraoceánico del Cretácico Inferior. El miembro de Pueblo Viejo está confinado a una cuenca

sedimentaria de aproximadamente 3 km por 2 km, formada por el colapso de una cúpula volcánica, llena de depósitos lacustres desde conglomerados gruesos hasta limonitas de capa fina (PVGP y AMC Mining, 2011). Los datos climáticos de Cotuí registran pluviometría media anual de 1,745 mm, temperatura media diurna de 33 °C y nocturna de 19 °C, con temporada de huracanes de agosto a noviembre.

2.2. Caracterización hidrogeológica e hidroquímica

Se identificaron los grupos hidrogeológicos presentes (A, B, C y D), se midió el nivel estático del agua subterránea, se analizó la geología de las formaciones y se determinaron caudales superficiales. Para la clasificación hidroquímica se elaboraron diagramas de Piper (composición catiónica y aniónica), diagramas de Stiff (variabilidad espacial iónica) y diagramas de Schoeller (comparación aguas superficiales vs. subterráneas). Los resultados se compararon con los límites permisibles de la norma ambiental dominicana y la OMS.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Grupos hidrogeológicos de la cuenca

La cuenca posee cuatro grupos hidrogeológicos cuya composición está caracterizada por las formaciones Hatillo, Las Cañas, Los Banitos, zonas del Cuaternario, formaciones Las Lagunas, Don Juan, Los Ranchos y zonas de rocas ígneas y metamórficas. El grupo

C predomina, abarcando aproximadamente el 60% del área total. La Formación Los Ranchos, constituida por lavas, piroclásticas y epiclásticas finas, presenta terrenos mayormente impermeables, con interés acuífero solo donde la fracturación es importante, configurando un acuífero discontinuo de tipo medio fisurado (Marte y Sierra, 2016).

3.2. Calidad fisicoquímica del agua

Los resultados analíticos indican que las aguas superficiales superan los límites en distintos parámetros. Se detectaron valores elevados de conductividad eléctrica indicativos de alta concentración de iones disueltos de posible origen mineral. Los valores de pH mostraron variaciones significativas entre estaciones, con tendencias ácidas en zonas próximas a los pasivos mineros. Los niveles de sulfatos y hierro total presentaron valores por encima de los estándares, consistente con la oxidación de minerales sulfurados del yacimiento de Pueblo Viejo.

3.3. Clasificación hidroquímica y calidad bacteriológica

Los diagramas de Piper clasificaron las aguas según composición catiónica y aniónica; los de Stiff evidenciaron variabilidad espacial en la composición iónica; los de Schoeller facilitaron la comparación entre aguas superficiales y subterráneas. Los tipos de aguas reflejan la influencia de las formaciones geológicas y las actividades antrópicas. Los análisis bacteriológicos revelaron presencia de coliformes

fecales y totales en varios puntos, particularmente adyacentes a comunidades rurales, superando los límites para uso doméstico.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desde una perspectiva de gestión integral, los resultados de esta investigación deben interpretarse en el contexto más amplio de la problemática ambiental de la provincia Sánchez Ramírez, donde convergen las presiones del desarrollo minero, la expansión agrícola y el crecimiento poblacional sobre recursos hídricos finitos. La Presa de Hatillo, como principal reservorio de agua dulce del Caribe insular, cumple funciones múltiples de regulación de caudales, generación hidroeléctrica, abastecimiento para riego y sustento de la actividad pesquera artesanal, lo que la convierte en un ecosistema estratégico cuya degradación tendría consecuencias socioeconómicas de gran alcance. Las evidencias presentadas en este estudio subrayan la urgencia de adoptar un enfoque ecosistémico que integre la conservación de la calidad del agua con el desarrollo sostenible de las actividades productivas en la cuenca.

Los resultados confirman que la cuenca del río Margajita presenta un deterioro significativo de su calidad hídrica asociado a múltiples factores antrópicos. La influencia del distrito minero de Pueblo Viejo se evidencia en los valores elevados de conductividad eléctrica, sulfatos y hierro total, así como en las variaciones de pH que sugieren lixiviación ácida de minerales sulfurados. Estos

hallazgos son consistentes con los reportados por Nordstrom (2011), quien documentó que el drenaje ácido de minas puede persistir durante siglos sin remediación adecuada. Los patrones hidroquímicos identificados mediante diagramas de Piper, Stiff y Schoeller corroboran la interacción entre las aguas y las formaciones geológicas mineralizadas, en concordancia con lo reportado por Monge et al. (2016) en la cuenca del río Las Marías, El Salvador.

La contaminación bacteriológica añade una dimensión de riesgo directo para las comunidades que dependen del río. Este hallazgo coincide con Cuevas et al. (2017), quienes encontraron parámetros fuera de norma en ríos del municipio de Cotuí. La combinación de contaminación minera, agrícola y doméstica configura un escenario de degradación hídrica compleja que requiere un abordaje integral, tal como lo proponen García-Criado et al. (2019) para ecosistemas fluviales afectados por minería.

Entre las limitaciones del estudio se destacan el número reducido de campañas de muestreo y la ausencia de análisis de metales pesados específicos en las muestras de agua, que hubieran permitido cuantificar con mayor precisión la carga contaminante de origen minero.

Se concluye que la cuenca del río Margajita presenta alteraciones significativas en su calidad hídrica atribuibles a la interacción entre la geología mineralizada, las actividades mineras del distrito de Pueblo Viejo, las prácticas agrícolas y ganaderas, y la descarga de aguas residuales sin

tratamiento. Se recomienda: (1) implementar un sistema de monitoreo continuo de calidad del agua con estaciones automatizadas; (2) desarrollar infraestructura de tratamiento de aguas residuales para las comunidades ribereñas; (3) establecer zonas de protección en las márgenes del río con programas de reforestación; (4) promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la escorrentía de agroquímicos; y (5) fortalecer los mecanismos de participación comunitaria en la vigilancia ambiental de la cuenca. Como líneas futuras de investigación se sugiere la cuantificación de metales pesados en aguas y sedimentos, el modelamiento hidroquímico predictivo y la evaluación de técnicas de biorremediación aplicables al contexto local.

5. FINANCIACIÓN

La investigación que dio origen al presente artículo fue realizada en el marco de una tesis desarrollada en la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) y no recibió financiamiento de ningún ente externo, público o privado. El proceso de investigación fue llevado a cabo íntegramente por los sustentantes con recursos propios. La asesoría académica, la evaluación del informe final y la disertación de la tesis fueron cubiertas con fondos institucionales de la UTECO.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Concepción Regalado, R., & Ripoll Morel, D. (2025). Agua entre minas: hidrogeología y calidad hídrica en la cuenca del río Margajita. *Revista Científica El Capacho* 14(14), 07-12.
<https://doi.org/10.63796/capacho.2025.v14i14.224>

REFERENCIAS

- Cuevas, D. E., Estévez, F., & Durán, F. (2017). Caracterización de las aguas de los principales ríos del municipio de Cotuí. Trabajo de grado, UTECO.
- García-Criado, F. et al. (2019). Recovery of aquatic ecosystems from mining impacts. *Science of the Total Environment*, 670, 1024-1035.
- Grandia, F. (2009). Caracterización ambiental de la cuenca del río Margajita y embalse de Hatillo. Programa SYSMIN II.
- Mann, P., Draper, G., & Lewis, J. F. (1991). Geologic and tectonic development of Hispaniola. *Geological Society of America Special Paper*, 262, 1-28.
- Marte, J., & Sierra, P. (2016). Evaluación hidrogeológica de la Formación Los Ranchos. *Boletín del Servicio Geológico Nacional*, 15(2), 45-62.
- Memoria Geológica de Hatillo 6172-I. (1999). Servicio Geológico Nacional, República Dominicana.
- Monge, R. et al. (2016). Caracterización hidrogeológica de la cuenca del río Las Marías, El Salvador. *Revista Geológica de América Central*, 55, 89-108.
- Nordstrom, D. K. (2011). Mine waters: acidic to circumneutral. *Elements*, 7(6), 393-398.
- PVGP y AMC Mining. (2011). Pueblo Viejo Gold Project: Technical Report NI 43-101.
- Servicio Geológico Nacional. (2008). Programa SYSMIN II: Plan de monitoreo ambiental. Santo Domingo.
- Vega, E. et al. (2014). Evaluación hidrogeológica del acuífero del río Tecoripa, Sonora, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(3), 475-488.