

NUEVAS PERSPECTIVAS GEOLÓGICAS: ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE LA SUBCUENCA GUACERIQUE MEDIANTE TÉCNICAS GEOFÍSICAS

Abstrac ID 303

NEW GEOLOGICAL PERSPECTIVES: UPDATING THE MAP OF THE GUACERIQUE SUB-BASIN USING GEOPHYSICAL TECHNIQUES

Marcio Josué Chirinos Escobar

¹ Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, Honduras

Email: marcio.chirinos@unah.edu.hn

RESUMEN

La Subcuenca Guacerique, declarada como "Zona Forestal Protegida del Patrimonio Público Forestal inalienable" por la Secretaría de Recursos Naturales, es una región vital para el suministro hídrico de la ciudad de Tegucigalpa, albergando el embalse Los Laureles que abastece aproximadamente el 23% de su población. Este estudio se centra en la caracterización geológica de la subcuenca, utilizando ensayos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) para mejorar la precisión del Mapa de la Geología Superficial. Los resultados obtenidos no solo enriquecen la base de datos geológica existente, sino que también permiten una identificación más precisa de las unidades litológicas, lo que es crucial para la gestión sostenible de los recursos hídricos. La metodología empleada incluyó la integración de datos geofísicos con información geológica previamente disponible, validada mediante talleres con geólogos expertos. Este enfoque interdisciplinario garantiza la fiabilidad de la información generada, lo que es fundamental para la toma de decisiones en la gestión del agua y la planificación territorial en la región. Los hallazgos subrayan la necesidad de adoptar estrategias de conservación y manejo que promuevan la sostenibilidad ambiental, garantizando la protección de los ecosistemas que sustentan los recursos hídricos de la subcuenca. Este trabajo no solo contribuye al conocimiento geológico y hidrogeológico de la Subcuenca Guacerique, sino que también establece un modelo aplicable a otras regiones con características similares, enfatizando la importancia de la investigación científica en la gestión de recursos hídricos y la protección del medio ambiente.

Palabras clave: Ensayos geofísicos, Geología superficial, Gestión de recursos hídricos, Hidrogeología, Subcuenca Guacerique

ABSTRACT

The Guacerique sub-basin, declared as "Protected Forest Zone of the inalienable Public Forest Heritage" by the Secretariat of Natural Resources, is a vital region for the water supply of the city of Tegucigalpa, housing the Los Laureles reservoir that supplies approximately 23% of its population. This study focuses on the geological characterization of the sub-basin, using Electrical Resistivity Tomography (ERT) tests to improve the accuracy of the Surface Geology Map. The results obtained not only enrich the existing geological database, but also allow a more accurate identification of lithological units, which is crucial for sustainable water resources management. The methodology employed included the integration of geophysical data with previously available geological information, validated through workshops with expert geologists. This interdisciplinary approach ensures the reliability of the information generated, which is fundamental for decision making in water management and territorial planning in the region. The findings underscore the need to adopt conservation and management strategies that promote environmental sustainability, ensuring the protection of the ecosystems that sustain the sub-basin's water resources. This work not only contributes to the geological and hydrogeological knowledge of the Guacerique sub-basin, but also establishes a model applicable to other regions with similar characteristics, emphasizing the importance of scientific research in water resource management and environmental protection.

Key words: Geophysical testing, Surface geology, Water resources management, Hydrogeology, Guacerique sub-basin

Introducción

La Subcuenca Guacerique, ubicada al oeste de la ciudad de Tegucigalpa, capital de Honduras, es una zona de gran importancia estratégica para la provisión de agua potable. Con una superficie de 243.59 km², la subcuenca se extiende principalmente dentro del municipio del Distrito Central (87%) y, en menor medida, en el municipio de Lepaterique (13%) (Monserrate, Valencia, Leverón, Pineda, & Cartagena, 2017). Esta subcuenca ha sido declarada Zona Forestal Protegida del Patrimonio Público Forestal Inalienable según el acuerdo No. 03-73 del 02 de enero de 1973 emitido por la Secretaría de Recursos Naturales, con el objetivo de proteger y conservar sus valiosos recursos hídricos y forestales.

En términos hídricos, la Subcuenca Guacerique tiene un valor primordial para la ciudad de Tegucigalpa, ya que alberga el embalse Los Laureles, que provee aproximadamente el 23% del suministro de agua para la población de la capital. Dada su relevancia, la subcuenca es administrada por la Unidad Municipal Ambiental para el Servicio de Agua Potable y Saneamiento (UMAPS), con el propósito de garantizar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos, especialmente la provisión de agua para consumo humano.

No obstante, la subcuenca enfrenta presiones considerables debido al crecimiento urbano y la demanda de agua, lo que plantea desafíos para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). En este contexto, es esencial actualizar y comprender de manera precisa las características geológicas, hidrogeológicas y de uso del suelo en la subcuenca, ya que estas influyen directamente en la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos.

Este estudio tiene como objetivo proporcionar un análisis detallado de la geología superficial de la Subcuenca Guacerique, apoyado por datos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT), con el fin de mejorar el conocimiento de las formaciones geológicas que afectan la dinámica de los acuíferos. Asimismo, se aborda el estado actual del aprovechamiento hídrico, evaluando la sostenibilidad de las extracciones y las fluctuaciones piezométricas en el acuífero poroso detrítico. Los resultados presentados aquí no solo proporcionan información valiosa para la gestión de los recursos hídricos locales, sino que también constituyen una base fundamental para la planificación futura de la infraestructura hidráulica y la conservación de la subcuenca.

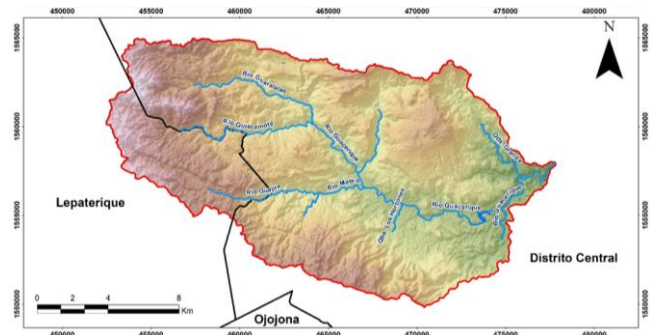


Figura 1. Ubicación de la Subcuenca Guacerique

Metodología

El proceso para la elaboración del mapa actualizado y detallado de la geología superficial de la subcuenca Guacerique siguió un enfoque riguroso que integró información cartográfica preexistente y nuevos estudios geofísicos. A continuación, se describen las etapas principales:

1. Revisión y recopilación de información cartográfica preexistente:

Como punto de partida, se emplearon diversas fuentes cartográficas. En primer lugar, se utilizó la capa de geología de la República de Honduras

(Transporte & IGN, 1974), así como la capa de geología e hidrogeología para el cuadrante de Tegucigalpa, generada a través de un proyecto conjunto entre COSUDE y SERNA. Además, se incorporó la capa elaborada por (Ruiz, Rodríguez, y otros 2023) del IHCIT-UNAH, referente a la parte alta de la cuenca del río Choluteca, en el marco del Proyecto AdaptarC+. Asimismo, se incluyó el mapa de suelos de la subcuenca Guacerique, desarrollado por el Departamento de Protección y Manejo de Cuencas Hidrográficas del SANAA tal y como se detalla (SANAA 2012).

2. Digitalización de hojas geológicas:

Utilizando el software ArcGIS, se digitalizaron las hojas geológicas de Lepaterique y Tegucigalpa, las cuales proporcionan detalles importantes sobre la litología y estructuras geológicas de la subcuenca a una escala de 1:50,000. La hoja geológica de Lepaterique, realizada por Donald Martin Anderson (IGN, Lepaterique, Hoja 2758 III G 1985) y la de Tegucigalpa, elaborada por Robert D. Rogers (IGN, Tegucigalpa, Hoja 2758 II G 1990) fueron fundamentales para la delimitación precisa de la subcuenca.

3. Integración y análisis de datos:

Se procedió a un análisis comparativo de las distintas capas y mapas geológicos recopilados, lo que permitió la adición o eliminación de información en función de la coherencia y relaciones entre los conjuntos de datos. Esta fase de síntesis fue clave para mejorar la precisión en la interpretación de las características geológicas.

4. Verificación mediante trabajo de campo:

Con el fin de validar la información recopilada, se realizaron visitas de campo en áreas clave de la subcuenca, las cuales permitieron confirmar y corregir datos geológicos que presentaban dudas o ambigüedades.

5. Estudios geofísicos con tomografía eléctrica:

Para complementar los datos cartográficos, se llevaron a cabo ensayos de tomografía eléctrica en puntos estratégicos, empleando el equipo Terrameter SAS 4000/SAS 1000. Estos ensayos geofísicos fueron esenciales para generar perfiles eléctricos que permitieron estimar el espesor de las capas geológicas, así como detectar posibles discontinuidades en el subsuelo.

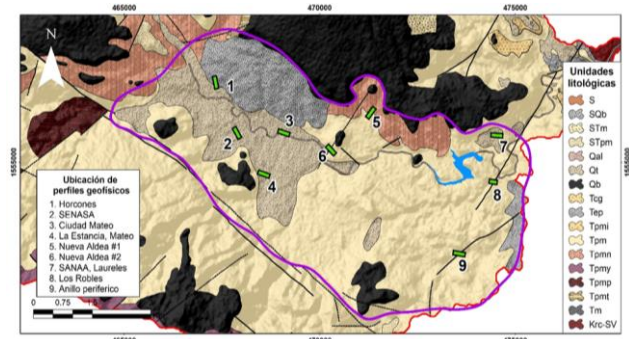


Figura 2. Ubicación de ensayos geofísicos

6. Integración de datos geofísicos y cartográficos:

La información obtenida a través de los estudios de tomografía eléctrica se integró con los datos cartográficos, lo que permitió una visión más completa de la geología superficial. Esta integración contribuyó significativamente a la precisión del mapa geológico final.

7. Elaboración del mapa geológico final:

Finalmente, se consolidó toda la información disponible en un mapa detallado de la geología superficial de la subcuenca Guacerique, que presenta la distribución litológica, las principales formaciones geológicas y las estructuras identificadas, todo ello verificado mediante observaciones de campo y estudios geofísicos.

Resultados

Tras considerar todas las revisiones de los archivos de geología local y los mapas elaborados por

COSUDE/SERNA, SANAA e IHCIT-UNAH, así como el archivo creado mediante la revisión y digitalización de las hojas geológicas y las distintas visitas de campo realizadas, se ha logrado consolidar y desarrollar una propuesta sólida del mapa de la geología superficial en la subcuenca Guacerique. Esta propuesta integra información detallada sobre la composición geológica de la subcuenca, proporcionando una visión completa de la distribución de las diferentes litologías presentes y que ha sido mejorada en pequeñas zonas gracias a los resultados obtenidos de la interpretación de los perfiles de tomografía eléctrica.

Los lugares donde se realizaron los perfiles geofísicos fueron seleccionados estratégicamente para verificar los contactos entre las diferentes unidades litológicas y comprobar la existencia de estructuras geológicas clave en el área de estudio, así como para determinar el espesor de las capas. Además, se priorizaron áreas con permisos correspondientes y una distancia mínima de 200 metros para la correcta ejecución de los perfiles.

Perfil Geofísico – Horcones: Este perfil, orientado NW-SE, permitió identificar dos capas. La capa superior, con resistividades entre 10 y 15 Ohm.m, está asociada a materiales porosos provenientes del deslizamiento volcánico de la Laguna El Pedregal. La capa inferior muestra resistividades entre 20 y 50 Ohm.m, correspondiente a tobas arcillosas detectadas a profundidades entre 105 y 155 metros.

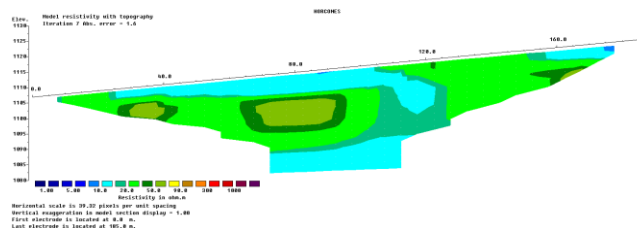


Figura 3. Perfil geofísico Horcones

Perfil Geofísico – SENASA: Con una orientación NW-SE, se identificaron depósitos aluviales con resistividades entre 5 y 15 Ohm.m, relacionados con acumulaciones de agua superficial y un nivel freático detectado a 30-35 metros de profundidad, en concordancia con los pozos presentes en la zona.

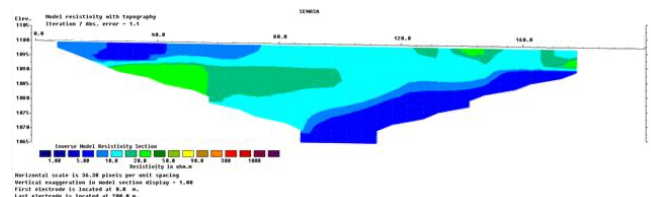


Figura 4. Perfil geofísico SENASA

observar dos estratos principales. El superior, con resistividades entre 20 y 90 Ohm.m, se asocia a materiales piroclásticos en zonas elevadas. El inferior, con resistividades menores a 10 Ohm.m, se vincula con depósitos aluviales altamente saturados, lo que indica la presencia del nivel freático a unos 25 metros.

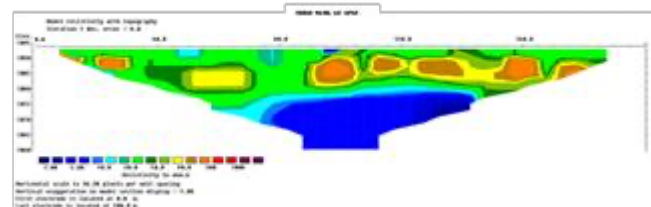


Figura 5. Perfil geofísico Ciudad Mateo

Perfil Geofísico – La Estancia: Se identificó una capa aluvial con resistividades menores a 10 Ohm.m, asociada a materiales saturados, y una capa superficial más arcillosa con resistividades entre 20 y 50 Ohm.m.

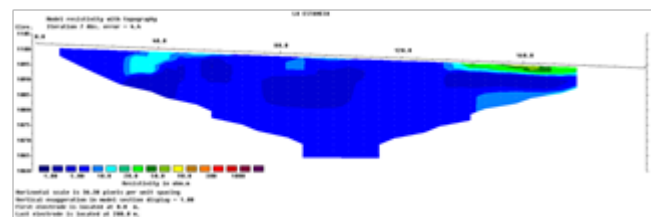


Figura 6. Perfil geofísico La Estancia

Perfil Geofísico – Nueva Aldea #1: Se observaron dos capas principales: una superior con resistividades entre 10 y 15 Ohm.m, relacionada con capas piroclásticas erosionadas, y una inferior más compacta con resistividades entre 20 y 50 Ohm.m, asociada a tobas.

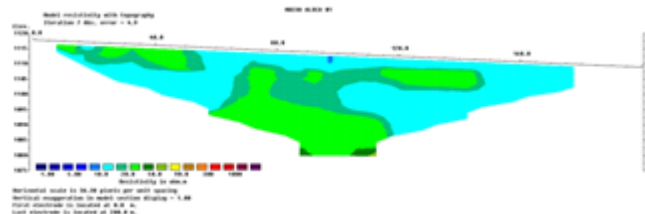


Figura 7. Perfil geofísico Nueva Aldea #1

Una estructura geológica, posiblemente una falla inferida, con materiales fracturados y saturados (resistividades de 5-15 Ohm.m), y tobas más compactas en superficie (20-50 Ohm.m).

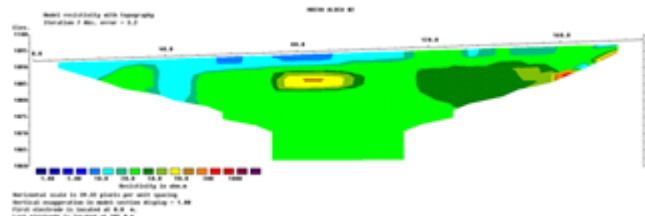


Figura 8. Perfil geofísico Nueva Aldea #2

Perfil Geofísico – SANAA Laureles: Se identificaron dos capas: una superior con resistividades entre 20 y 50 Ohm.m, asociada a tobas parcialmente saturadas, y una inferior completamente saturada con resistividades menores a 10 Ohm.m, correspondiente al nivel freático.

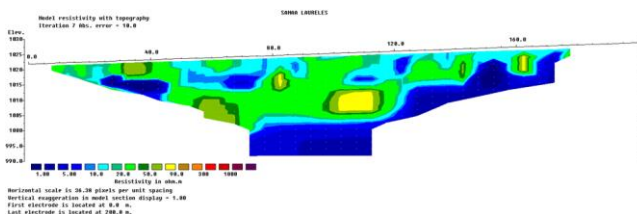


Figura 9. Perfil geofísico SANAA Laureles

Perfil Geofísico – Los Robles: Se observó una falla con resistividades variables (20-1000 Ohm.m) en el lado derecho, correspondientes a tobas

compactas, y una zona fracturada y saturada en el lado izquierdo, con resistividades menores a 10 Ohm.m.

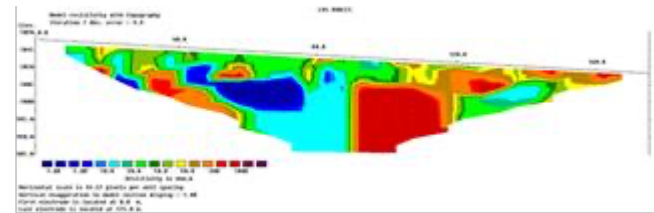


Figura 10. Perfil geofísico Los Robles

Capa superficial con resistividades menores a 15 Ohm.m, asociada a tobas saturadas, y una capa intermedia con resistividades más altas (90-300 Ohm.m), posiblemente asociada a ignimbritas o tobas soldadas.

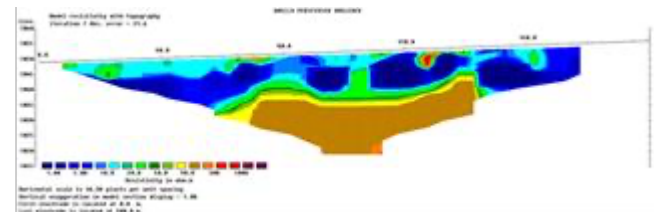


Figura 11. Perfil geofísico Anillo periférico

Una vez realizados los ensayos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) en la Subcuenca Guacerique, se logró una caracterización más precisa de las formaciones geológicas subyacentes. Estos ensayos aportaron información geofísica detallada que permitió definir con mayor exactitud los contactos litológicos y las variaciones en las propiedades físicas del subsuelo. Al integrar los resultados obtenidos de los estudios geofísicos con los datos geológicos previos, se consolidó un Mapa de la Geología de la subcuenca Guacerique (Ver Figura 12), el cual mejora sustancialmente la comprensión de la disposición y extensión de las diferentes unidades geológicas presentes en la zona.

Además, la validación del mapa geológico fue realizada mediante talleres con geólogos expertos,

quienes revisaron y discutieron los perfiles obtenidos de los ensayos geofísicos y su correlación con la geología superficial conocida. Este proceso permitió asegurar que la interpretación de los datos fuera coherente con el conocimiento geológico local, garantizando la fiabilidad del mapa para su uso en estudios hidrogeológicos y de gestión de recursos hídricos. En la Tabla 1 se muestra la columna estratigráfica para la Subcuenca Guacerique, donde se detalla las distintas unidades litológicas en la zona de estudio propuesta por (Ruiz, Peña-Paz y Chirinos-Escobar 2023).

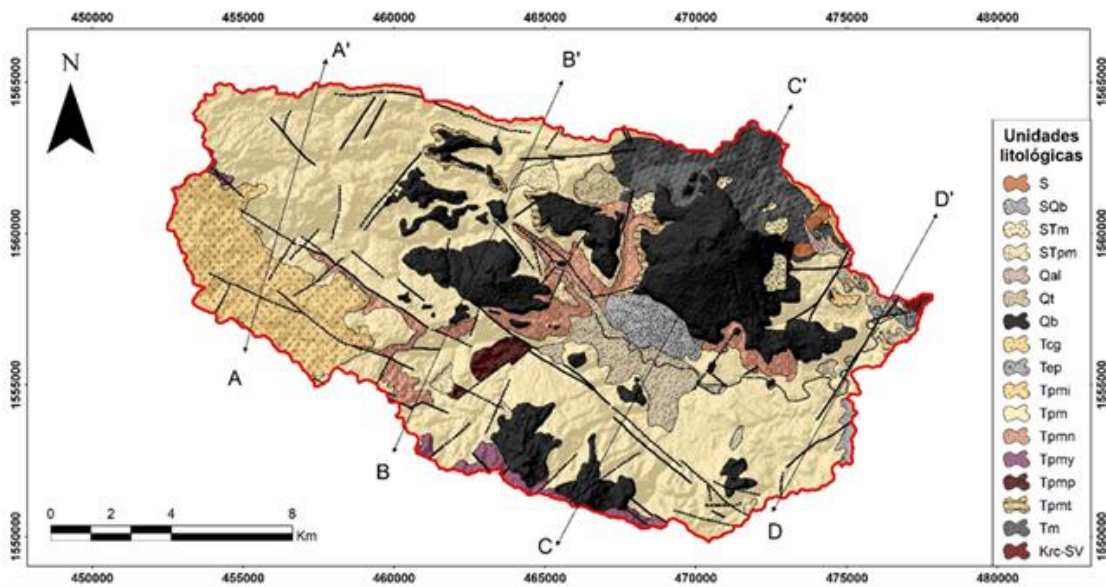


Figura 12. Mapa de la geología para la Subcuenca Guacerique

Tabla 1

Columna estratigráfica para la Subcuenca Guacerique

Era	Periodo	Época	Nombre	Símbolo	Color en mapa	Litología
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Deslizamientos	S		Deslizamiento o derrumbe
			Deslizamientos	SQb		Deslizamiento de tierra, escombros de Qb
			Deslizamientos	STm		Deslizamiento de tierra, escombros de Tm
			Deslizamientos	STpm		Deslizamiento de tierra, escombros de Tpm
			Depósitos aluviales	Qal		Depósitos recientes de aluvión, Aluvión y planicies de inundación
			Terrazas aluviales	Qt		Terrazas de grava, aluvión más antiguo y abanico aluvial
			Basaltos cuaternarios	Qb		Coladas de basalto oscuro de olivino, plagioclasa y escoria y algunos depósitos piroclásticos
	Terciario	Oligoceno - Mioceno	Ignimbrita Cerro Grande	Tcg		Miembro Cerro Grande: Ignimbritas con cristales de cuarzo y sanidino en una matriz vitrificada de color violeta con fracturación intensa y vertical.
			Formación El Periodista	Tep		Miembro el Periodista: Sedimentos volcanoclastos de arenisca, grava y limolita.
		Mioceno medio - Plioceno	Ignimbritas principales	Tpmi		Principal secuencia ignimbritica: gruesas series de ignimbritas riolíticas vítrica-cristalina, cristalina-vítrica y vítrica-lítica, soldadas y no soldadas, localmente separadas por algunos lahares
			Tobas e ignimbritas	Tpm		Tobas e ignimbritas riolíticas de color blanco, rojo, púrpura y sedimentos tobáceos depositados en agua
			Capas Nueva Aldea	Tpmn		Capas Nueva Aldea: capas piroclásticas bien estratificadas depositadas en agua con abundantes "sillares"; tobas de cenizas de caída libre y lahares estratificados frecuentemente con abundante pómez
			Ignimbritas riolíticas	Tpmy		Rocas volcánicas más jóvenes: 1. Ignimbrita riolítica vítrica-cristalina soldada, con extensión de lahares asociados, 2. Domos riolíticos, pobres en cristales, 3. Colada dacítica vítrica
			Capas Puerta de Golpe	Tpmp		Capas Puerta de Golpe: lutita de estratificación delgada de origen piroclástico depositadas en aguas lacustres, con algunos "sillares", lutitas calcáreas y calizas interestratificadas.
			Capas Tenampúa	Tpmt		Capas Tenampúa: Capas piroclásticas retrabajadas y eólicas con algunos "sillares" interestratificados
		Oligoceno - Plioceno	Formación Matagalpa	Tm		Formación Matagalpa: Coladas máficas de basaltos y andesitas de anfíboles y feldespatos calcico o plagioclasa de color gris intensamente alterada a clorita, sericita y epidota.
Mesozoico	Cretácico Superior	Maastrichtiano	Formación Rio Chiquito	Krc-SV		Depósitos sedimentarios de Krc, arenas arcillosas y arenas ligeras de matriz de arenisca roja, amarilla, café claro y café oscuro.

Discusión

La creación del mapa geológico de la Subcuenca Guacerique no solo es el resultado de la digitalización de las hojas geológicas de Lepaterique y Tegucigalpa, sino también del uso estratégico de estudios geofísicos. Al combinar los datos obtenidos de la cartografía geológica previamente elaborada por Anderson y Rogers con la validación en campo mediante ensayos de tomografía eléctrica, se logró una visión más detallada y precisa de la geología de la zona. Este enfoque permitió identificar de manera más clara las estructuras geológicas y corroborar su influencia sobre el comportamiento hidrogeológico de la subcuenca.

A partir de la propuesta de la geología presentada previamente, se han desarrollado cuatro perfiles geológicos basados en los datos obtenidos a través de las hojas geológicas y la columna estratigráfica, ver Figura 13, dichos perfiles presentan una perspectiva bastante detallada de la composición geológica en diferentes zonas de la subcuenca, la cual incluye información de las estructuras geológicas encontradas durante el análisis. Cabe destacar que de acuerdo con los análisis tanto las tobas (Tpm) y las ignimbritas (Tpmi) presenta profundidades mayores a los 300 m en las zonas analizadas.

La columna estratigráfica revela la existencia de depósitos recientes y la complejidad del Grupo Padre Miguel, dos componentes clave que aportan valiosa información sobre la composición geológica del área. Los depósitos aluviales recientes, ubicados en las partes bajas, actúan como acuíferos no consolidados, con una alta capacidad de almacenamiento debido a su permeabilidad. Estos depósitos son cruciales para el comportamiento

hídrico en la zona, al igual que las ignimbritas y basaltos del Cerro Grande, que presentan variabilidad en su capacidad de almacenamiento de agua, dependiendo de su compactación y fracturación.

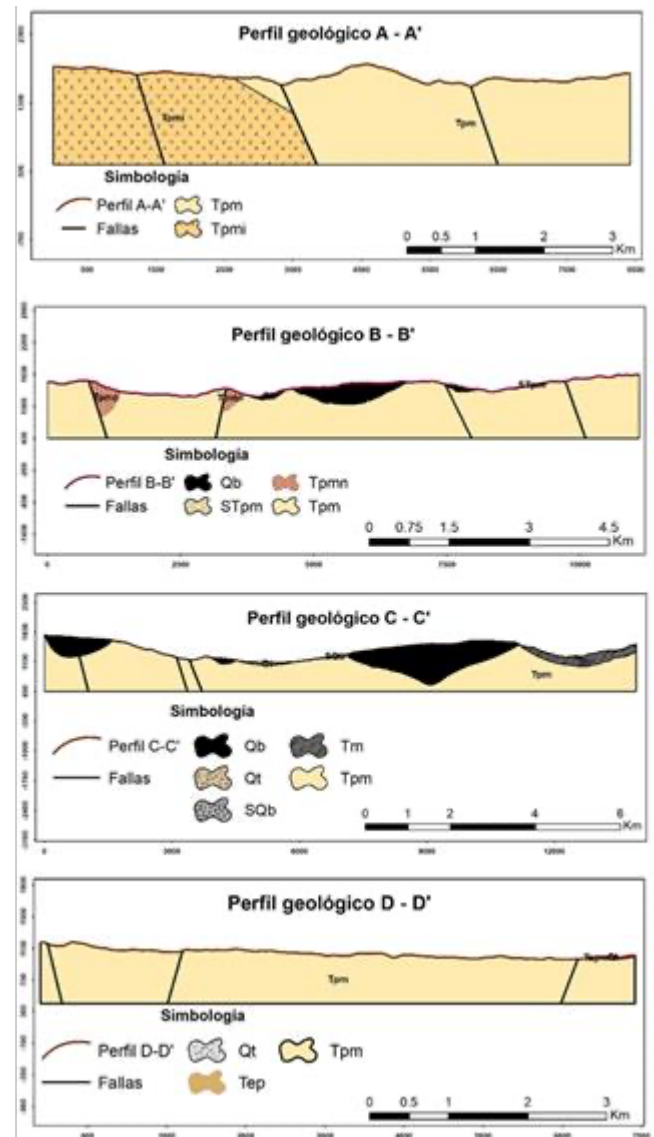


Figura 13. Perfiles geológicos para la Subcuenca Guacerique

Los estudios geofísicos realizados fueron fundamentales para corroborar las estructuras mapeadas y validar los datos obtenidos a partir de la digitalización. La tomografía eléctrica, utilizada como método principal, permitió identificar discontinuidades y variaciones en las propiedades eléctricas de los materiales, lo que a su vez reveló

importantes características del subsuelo. Perfiles con longitudes de 170 a 200 metros, alcanzando profundidades de hasta 35 metros, mostraron la presencia de diversas unidades geológicas que influyen directamente en la hidrogeología local.

En particular, los perfiles geofísicos realizados en localidades clave, como Horcones y Nueva Aldea, revelaron variaciones en la resistividad eléctrica, lo que permitió identificar materiales piroclásticos, aluviales y basaltos con grados de saturación de agua. Estos hallazgos confirmaron la presencia de acuíferos aluviales y fisurados, así como la existencia de fallas y contactos geológicos previamente mapeados. En el caso de Nueva Aldea, se validó la presencia de una falla a profundidades entre 35 y 50 metros, confirmando la interpretación geológica anterior.

La integración de los resultados geofísicos con los datos cartográficos y observaciones de campo proporcionó una comprensión más completa de la estructura geológica y su relación con la disponibilidad de recursos hídricos. Este enfoque también destacó la importancia de la validación en campo, ya que los ensayos geofísicos no solo confirmaron la existencia de formaciones geológicas, sino que también ayudaron a identificar posibles zonas de recarga de acuíferos, lo que tiene implicaciones directas para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

La combinación de métodos cartográficos tradicionales con estudios geofísicos avanzados ha permitido obtener una representación más precisa y detallada de la geología de la Subcuenca Guacerique. Estos resultados son esenciales para la planificación del uso del agua, la identificación de

áreas críticas para la conservación y la evaluación del potencial hídrico en la región.

Conclusiones

Se ha desarrollado una capa detallada mediante la integración de estudios geofísicos y la digitalización de las hojas geológicas existentes. Se identificaron capas con variadas resistividades eléctricas, evidenciando la heterogeneidad de materiales como tobas, arcillas y aluviones. La asociación entre valores bajos de resistividad y alto contenido de humedad en los depósitos sugiere áreas con potencial de saturación de agua, mientras que las resistividades más altas apuntan a materiales menos permeables y más secos. Esta correlación demuestra la validez de la actualización de la geología y subraya la necesidad de una consideración minuciosa de las características hidrogeológicas en la gestión de acuíferos.

La integración de los resultados de los ensayos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) ha permitido la creación de un Mapa de la Geología Superficial de la Subcuenca Guacerique más preciso y detallado. Este avance en la representación cartográfica no solo enriquece el conocimiento geológico de la región, sino que también establece una base sólida para la gestión de los recursos hídricos, facilitando la identificación de áreas críticas y la planificación de intervenciones.

La caracterización geológica precisa es fundamental para la sostenibilidad de los recursos hídricos en la Subcuenca Guacerique, especialmente considerando que el embalse Los Laureles es una fuente vital de abastecimiento para una porción significativa de la población de Tegucigalpa. Los resultados obtenidos ofrecen una mejor comprensión de la dinámica hidrogeológica de la

zona, lo que es esencial para la gestión eficiente y la protección de este recurso crítico.

Referencias

- IGN, Instituto Geográfico Nacional. En Tegucigalpa, Hoja 2758 II G. 1990.
- IGN, Instituto Geográfico Nacional. En Lepaterique, Hoja 2758 III G. 1985.
- Monserate, F., J. Valencia, S. Leverón, J. Pineda, and C. Cartagena. "Generación de los mapas oficiales de cuencas, subcuencas y microcuencas para el territorio Hondureño (Memoria Técnica)." By United States Agency for International Development (USAID), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH). Tegucigalpa, 2017.
- Ruiz, Maynor, Manuel Rodríguez, Tania Peña-Paz, and Marcio Chirinos-Escobar. "Estudio de la geología para el Corredor Boscoso Central." IHCIT-UNAH, Tegucigalpa, Honduras, 2023.
- Ruiz, Maynor, Tania Peña-Paz, and Marcio Chirinos-Escobar. "Construcción de la columna estratigráfica de la parte alta de cuenca del Río Choluteca." IHCIT-UNAH, Tegucigalpa, Honduras, 2023.
- SANAA. "Plan de protección y manejo integral de la subcuenca del Río Guacerique." Tegucigalpa, Honduras, 2012.
- Transporte, Ministerio de Comunicaciones Obras Públicas y, and Instituto Geográfico Nacional IGN. "Mapa geológico de la República de Honduras, Escala 1:500,000." 1974.