




Evaluación hidrogeofísica de la subcuenca Río Grande o Concepción: implicaciones para la gestión sostenible del agua subterránea en Tegucigalpa, Honduras

Hydrogeophysical Assessment of the Río Grande or Concepción Sub-Basin: Implications for the Sustainable Management of Groundwater in Tegucigalpa, Honduras

Iris Gricelda Lara Peña ^{1*}, Manuel de Jesús Rodríguez Maradiaga ¹, Maynor Alberto Ruiz Alvares ¹,
1 Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra,
Facultad de Ciencias / Escuela de Física, Tegucigalpa, Honduras.

* Correspondencia: iris.lara@unah.hn



RESUMEN

El presente estudio se fundamenta en información geológica y geofísica obtenida en la subcuenca Río Grande o Concepción, ubicada al suroeste de la ciudad de Tegucigalpa y con una extensión aproximada de 140,97 km². Esta subcuenca presenta características hidrogeológicas asociadas a un acuífero de fisura, en el que predominan las formaciones volcánicas. Para su evaluación, se realizaron siete sondeos geofísicos mediante el método de tomografía eléctrica, complementados con la revisión de antecedentes geológicos y de la cartografía existente. Los resultados de los sondeos permitieron identificar distintos tipos de materiales en el subsuelo, diferenciados por sus valores de resistividad. Se registraron intervalos de 10 a 20 $\Omega \cdot m$, correspondientes a tobos con alto grado de alteración; valores cercanos a 1000 $\Omega \cdot m$, asociados a basaltos; y rangos de 20 a 300 $\Omega \cdot m$, interpretados como de ignimbritas. Además, se detectaron zonas con resistividades del orden de 5 $\Omega \cdot m$, interpretadas como indicio de la presencia de agua subterránea. Estos resultados aportan información valiosa para la comprensión del comportamiento hidrogeológico de la subcuenca y contribuyen a la identificación de áreas con potencial acuífero.

Palabras clave: Tobos, geología, geofísica, ignimbritas.

ABSTRACT

The present study is based on geological and geophysical data obtained in the Río Grande or Concepción sub-basin, located southwest of Tegucigalpa and covering an approximate area of 140.97 km². This sub-basin exhibits hydrogeological characteristics of a fractured aquifer, with volcanic formations predominating. To evaluate these conditions, seven geophysical surveys were conducted using electrical tomography, complemented by a review of geological background information and existing cartography. The survey results allowed the identification of different subsurface materials, distinguished by their resistivity values. Intervals ranging from 10 to 20 $\Omega \cdot m$ correspond to highly altered tuffs; values near 1000 $\Omega \cdot m$ are associated with basalts; and ranges between 20 and 300 $\Omega \cdot m$ are interpreted as ignimbrites. Additionally, zones with resistivities around 5 $\Omega \cdot m$ were detected, interpreted as groundwater.

These results provide valuable insights into the hydrogeological behavior of the sub-basin and help identify areas with potential aquifer resources.

Keywords: Tuffs, geology, geophysics, ignimbrites.

INTRODUCCIÓN

En Honduras existen formaciones geológicas o capas de subsuelo saturadas de agua, conocidas como acuíferos, que pueden ser semiconfinados, confinados o libres, y constituyen una fuente estratégica para el abastecimiento urbano y rural¹. La subcuenca Río Grande o Concepción, localizada al suroeste de Tegucigalpa y

Comayagüela, constituye una de las principales fuentes de recarga del sistema hídrico del Distrito Central, abasteciendo aproximadamente el 45 % del agua que consume la capital².

Esta subcuenca presenta un relieve montañoso con altitudes entre 1113 y 2248 m s. n. m., y se compone principalmente de formaciones volcánicas e ígneas fracturadas, lo que favorece el desarrollo de acuíferos de fisura con permeabilidad secundaria³. Estudios previos en el Distrito Central han evidenciado que las unidades geológicas Padre Miguel Inferior (Tpmi) y Miembro Nueva Aldea (Tpmn) presentan una alta heterogeneidad hidrogeológica y una dinámica compleja del flujo subterráneo⁴.

El uso de métodos geofísicos eléctricos, en particular la tomografía eléctrica (ERT), ha demostrado ser una herramienta eficaz para la identificación de estructuras geológicas, zonas saturadas y límites de acuíferos en ambientes volcánicos⁵⁻⁷. Aplicaciones recientes en Centroamérica confirman su utilidad en la caracterización de acuíferos fracturados en Honduras⁸, Nicaragua⁹ y México¹⁰, donde las resistividades varían típicamente entre 10 y 300 $\Omega \cdot m$ para ignimbritas y entre 5 y 20 $\Omega \cdot m$ en zonas saturadas.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la estructura hidrogeofísica y el potencial acuífero de la subcuenca Río Grande o Concepción mediante sondeos eléctricos, con el fin de identificar zonas de recarga y establecer una base técnica para la gestión sostenible del agua subterránea. Los resultados obtenidos contribuirán a fortalecer la planificación del recurso hídrico del Distrito Central y a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 13 (Acción por el clima).

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en la subcuenca Río Grande o Concepción, situada al suroeste del Distrito Central (Tegucigalpa, Honduras), entre las coordenadas UTM X: 454000–472000 y Y: 1543000–1555000, con altitudes de 1100–2200 m s. n. m. La zona se caracteriza por un clima subhúmedo tropical, con una precipitación media anual de 1600 mm y una temperatura promedio de 22 °C.

Diseño del estudio y delimitación

La delimitación de la subcuenca se realizó mediante cartografía geológica digital (hoja Lepaterique 2758 III G), disponible en la base de datos de la Universidad de Texas, Austin³. Se definieron siete puntos estratégicos para los sondeos eléctricos, considerando la accesibilidad, la representatividad topográfica y la distribución geológica (formaciones Padre Miguel Inferior y Miembro Nueva Aldea)⁴.

Método geofísico

Se aplicó el método de Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT), una técnica que permite obtener modelos bidimensionales de resistividad aparente del subsuelo, ampliamente utilizada en estudios hidrogeológicos⁵⁻⁷. Cada línea de sondeo tuvo una longitud de 200 m, con una separación entre electrodos de 5 m y un total de 41 a 62 electrodos conectados a un resistivímetro ABEM Terrameter SAS 4000/SAS 1000.

El levantamiento se realizó durante la época de transición lluviosa (junio de 2023), bajo condiciones de humedad intermedia, para garantizar un contraste resistivo adecuado entre materiales saturados y no saturados. Se empleó el arreglo Wenner por su estabilidad frente al ruido y buena sensibilidad vertical⁸, recomendado para estudios de carácter hidrogeológico.

Procesamiento y modelado

Los datos adquiridos se descargaron mediante el software SAS4000Utilities, se exportaron en formato .DAT e interpretaron con RES2DINV v.4.8, utilizando el algoritmo de inversión de **mínimos cuadrados con restricción de suavizado (smoothness-constrained least squares)**⁹. El modelo convergió en siete iteraciones, con errores RMS entre 2.1 % y 6.1 %, considerados aceptables para este tipo de estudios⁶.

Control de calidad y validación

La interpretación de los resultados fue supervisada por un especialista en geofísica (M. Rodríguez, UNAH), y se contrastaron los valores de resistividad con los rangos característicos reportados en la literatura (5–20 $\Omega \cdot m$ para tobas alteradas, 20–300 $\Omega \cdot m$ para ignimbritas y 800–1000 $\Omega \cdot m$ para basaltos)¹⁰⁻¹².

Equipos y materiales utilizados

Resistivímetro ABEM Terrameter SAS 1000/SAS 4000

Cables para electrodos (21 canales, 5 m de separación)

Electrodos de acero inoxidable

Fuente de energía (batería 12 V)

Martillo, metro y conectores de contacto

El Mapa 1 muestra la ubicación espacial de los siete perfiles de tomografía eléctrica con sus respectivas coordenadas iniciales y finales, mientras que la Tabla 1 resume las resistividades promedio y las unidades geológicas correspondientes.

RESULTADOS

La geología estructural de la subcuenca Río Grande o Concepción está conformada por formaciones volcánicas fracturadas pertenecientes a las unidades Padre Miguel Inferior (Tpmi) y Miembro Nueva Aldea (Tpmn), parcialmente cubiertas por Basaltos Cuaternarios (Qb) y Rocas Volcánicas más Jóvenes (Tpmj)³. Estas formaciones presentan fallas normales, lineamientos, pliegues y evidencias de deslizamientos que condicionan el flujo del agua subterránea.

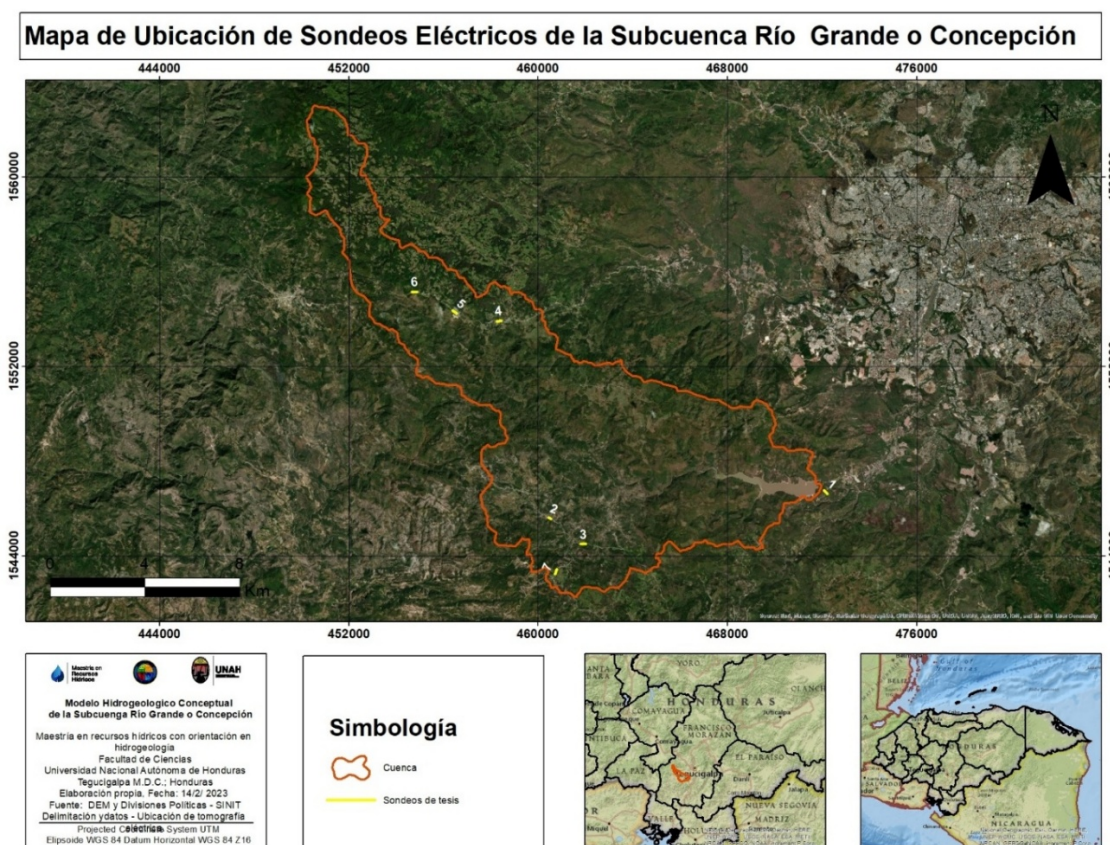


Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca del río Grande o Concepción, que muestra los siete perfiles de tomografía eléctrica realizados entre junio y julio de 2023. Cada línea de sondeo tiene una longitud de 200 m y una separación entre electrodos de 5 m. Fuente cartográfica: Universidad de Texas, Austin³. Distribución espacial de las líneas de tomografía eléctrica con una longitud de 200 m cada una y con las siguientes coordenadas de ubicación; a)Sondeo 1 punto inicial: X: 472068, Y: 1546769, punto final: X: 47222, Y: 1546647, b) sondeo 2 punto inicial: X: 460620, Y:1545541, punto final: X: 460437, Y: 1545617, c) sondeo 3 punto inicial: X: 461987 Y: 1544513, punto final: X: 461788 , Y: 1544514 , d) sondeo 4 punto inicial: X: 458243 Y: 1545513, punto final: X: 458043, Y: 1545514

53917, punto final: X: 458440 , Y: 1553944, e) sondeo 5 punto inicial: X: 456390 Y: 1554370, punto final: X: 456543 , Y: 1554250, f) sondeo 6 punto inicial: X: 454874 Y: 1555161, punto final: X: 454672 , Y: 1555150, g) sondeo 7 punto inicial: X: 460784 Y: 1543443, punto final: X: 460706 , Y: 1543259.

Los modelos 2D de resistividad obtenidos con el software *RES2DINV* muestran contrastes bien definidos entre los materiales del subsuelo (Figuras 2–8). Los valores promedio de resistividad, las unidades geológicas y la presencia o ausencia de agua subterránea se resumen en la Tabla 1.

Nº Tomografía	Resistividad promedio(Ω m)	Unidad geológica	Presencia de agua subterránea	Ausencia de agua subterránea
1	10 a 300	Tobas con alto grado de alteración, ignimbritas		x
2	20 a 1000	Ignimbritas, basaltos		x
3	20 a 300	Ignimbritas, tobas		x
4	5 a 300	Ignimbritas, tobas	x	
5	5 a 1000	Ignimbritas, tobas con alto grado de alteración	x	
6	5 a 1000	Ignimbritas, tobas con alto grado de alteración	x	
7	5 a 1000	Ignimbritas, tobas con alto grado de alteración	x	

Tabla 1. Valores promedio de resistividad, unidad geológica y presencia de agua subterránea obtenidos mediante tomografía eléctrica en la subcuenca Río Grande o Concepción, Tegucigalpa (Honduras).

Sondeos eléctricos

Sondeo 1 — Represa Concepción

Ubicado aguas abajo del embalse (X: 472068, Y: 1546769 – X: 472222, Y: 1546647), el perfil muestra un intervalo de 10–300 $\Omega \cdot$ m, con capas de tobas alteradas (10–20 $\Omega \cdot$ m) e ignimbritas (20–300 $\Omega \cdot$ m). La geología corresponde al Grupo Padre Miguel Inferior (Tpmi), compuesto por ignimbritas fracturadas y lodos volcánicos. No se detectó saturación significativa, lo que indica ausencia de agua subterránea.

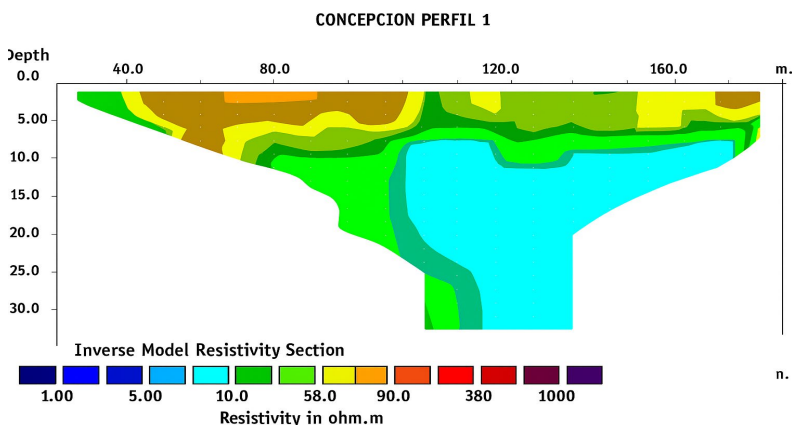


Figura 2. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 1 (Represa Concepción). Capas de tobas alteradas (10–20 $\Omega \cdot$ m) e

ignimbritas ($20\text{--}300 \Omega \cdot \text{m}$).

Sondeo 2 — El Aguacatal, Ojojona

Presenta resistividades de $20\text{--}1000 \Omega \cdot \text{m}$, correspondientes a ignimbritas y basaltos fracturados de la unidad Miembro Nueva Aldea (Tp_{mn}). Los altos valores ($>800 \Omega \cdot \text{m}$) reflejan baja humedad y compactación, lo que indica materiales secos y poco conductivos.

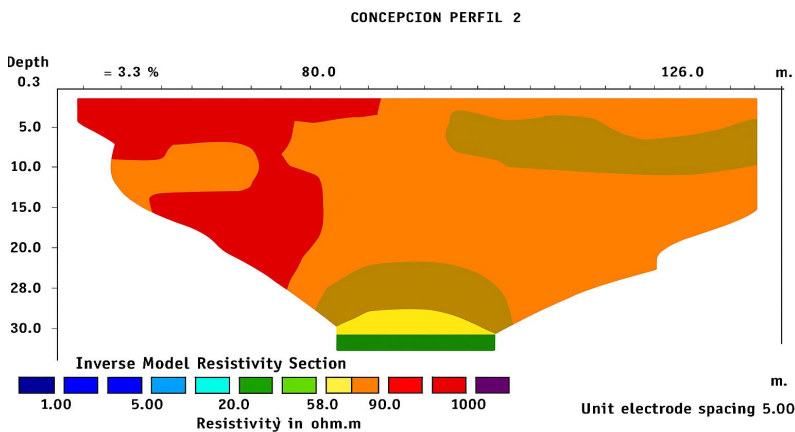


Figura 3. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 2 (El Aguacatal, Ojojona). Resistividades de $20\text{--}1000 \Omega \cdot \text{m}$ asociadas a ignimbritas y basaltos fracturados.

Sondeo 3 — Aldea Surcos de Caña, Ojojona

Los valores de resistividad varían entre $20\text{--}300 \Omega \cdot \text{m}$, característicos de ignimbritas no soldadas e intercalaciones de tobas y sedimentos finos. Este comportamiento concuerda con estudios previos en medios volcánicos similares en Honduras y México⁷⁻⁸.

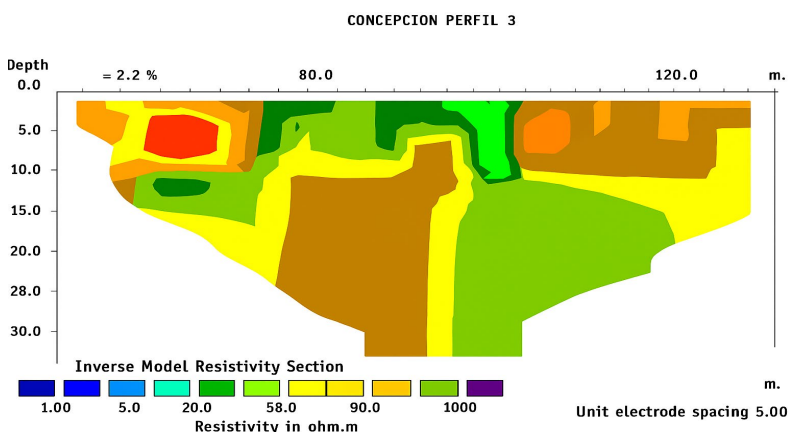


Figura 4. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 3 (Aldea Surcos de Caña, Ojojona). Valores de $20\text{--}300 \Omega \cdot \text{m}$ asociados a ignimbritas parcialmente saturadas.

Sondeo 4 — La Brea, Lepaterique

Registra resistividades entre $5\text{--}300 \Omega \cdot \text{m}$, con valores bajos ($<20 \Omega \cdot \text{m}$) que indican zonas saturadas a $5\text{--}25$ m de profundidad. Esta unidad, correspondiente a Padre Miguel Inferior (Tp_{mi}), presenta una alta capacidad de almacenamiento. Los resultados coinciden con los patrones observados en acuíferos fracturados de Nicaragua⁹.

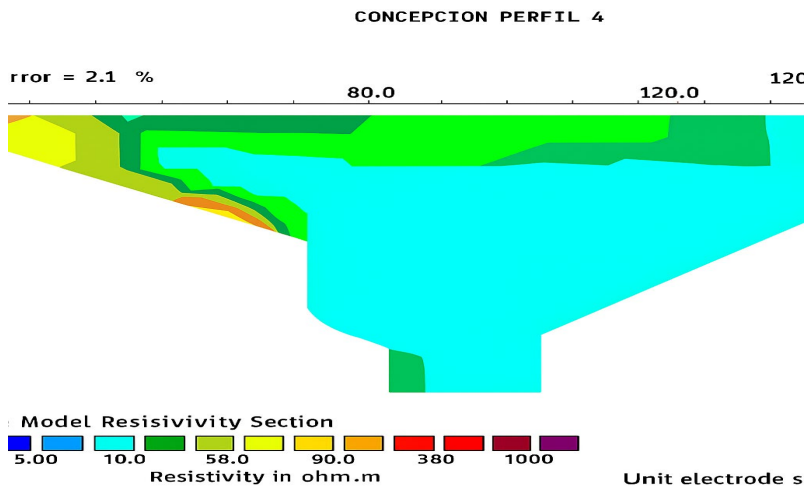


Figura 5. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 4 (La Brea, Lepaterique). Zonas saturadas ($<20 \Omega \cdot m$) indicativas de agua subterránea a 5–25 m de profundidad.

Sondeo 5 — Las Tablas, Lepaterique

Los valores oscilan entre 5 y 1000 $\Omega \cdot m$, lo que refleja la alternancia de ignimbritas permeables, basaltos compactos y niveles acuíferos intermitentes. Se confirmó la presencia de agua a 5 m de profundidad, lo que valida la interpretación geofísica.

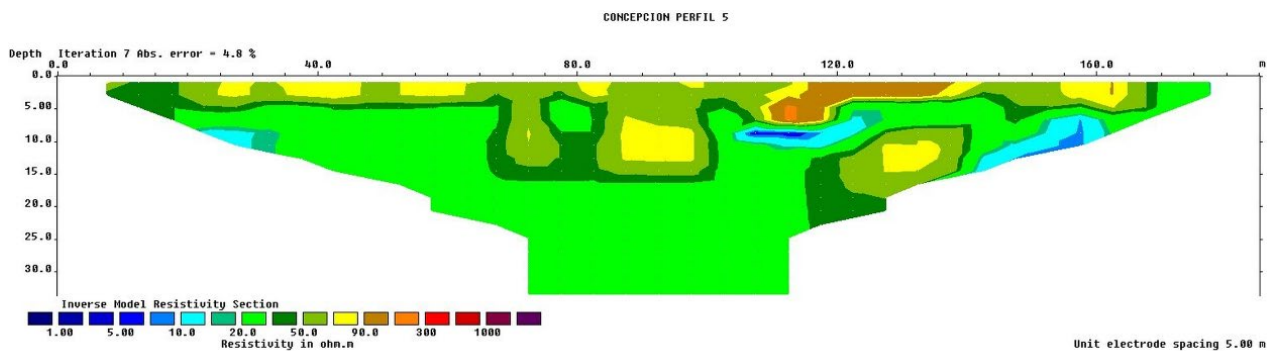


Figura 6. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 5 (Las Tablas, Lepaterique). Alternancia de ignimbritas permeables y basaltos compactos con presencia de agua subterránea.

Sondeo 6 — Aldea Las Tablas, Lepaterique

Ubicado a 10 minutos del centro poblado, presenta resistividades de 5–1000 $\Omega \cdot m$, con capas de ignimbritas y tobas alteradas. Se identificó un nivel saturado entre 5 y 25 m, coincidente con manantiales y fuentes superficiales descritos en el área¹⁰.

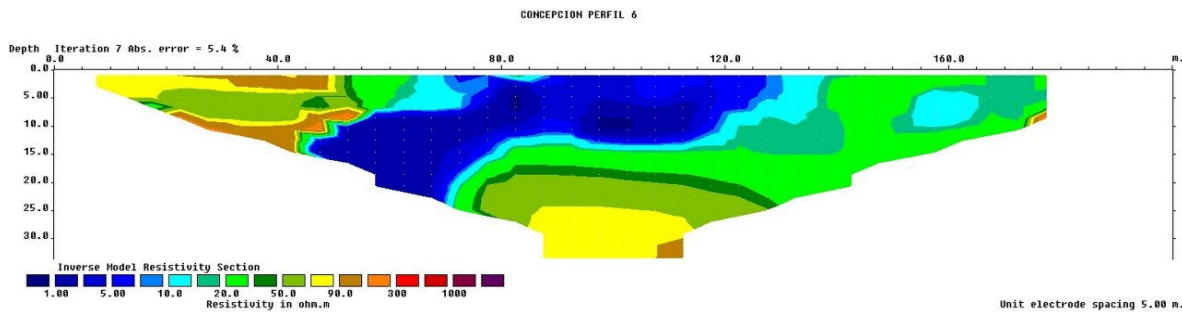


Figura 7. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 6 (Aldea Las Tablas, Lepaterique). Niveles saturados (5–25 m) asociados a manantiales locales.

Sondeo 7 — El Llano, Ojojona

El perfil muestra resistividades de 5–1000 $\Omega \cdot m$, asociadas a ignimbritas, tobas y basaltos. El tramo de 5–20 $\Omega \cdot m$ corresponde a agua subterránea a poca profundidad, localizada en la unidad Miembro Nueva Aldea (Tpmn).

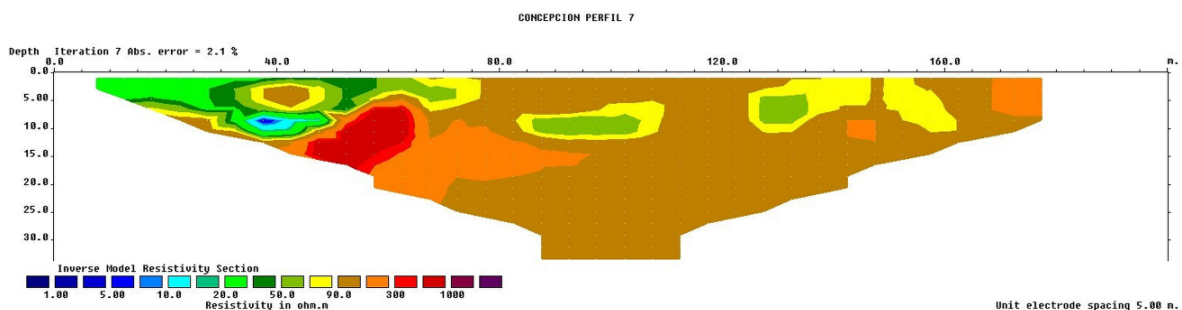


Figura 8. Modelo 2D de resistividad del Sondeo 7 (El Llano, Ojojona). Zonas con resistividades de 5–20 $\Omega \cdot m$ que evidencian agua subterránea somera.

Integración de resultados

La interpretación integrada muestra que las zonas con resistividades $\leq 20 \Omega \cdot m$ coinciden con acuíferos fisurados y áreas de recarga activa, mientras que las resistividades $> 300 \Omega \cdot m$ corresponden a materiales compactos o secos.

Los Sondeos 4, 5, 6 y 7 confirman la presencia de agua subterránea, ubicándose en la parte media y baja de la cuenca, lo que sugiere un flujo descendente desde las elevaciones de Lepaterique hacia la represa Concepción.

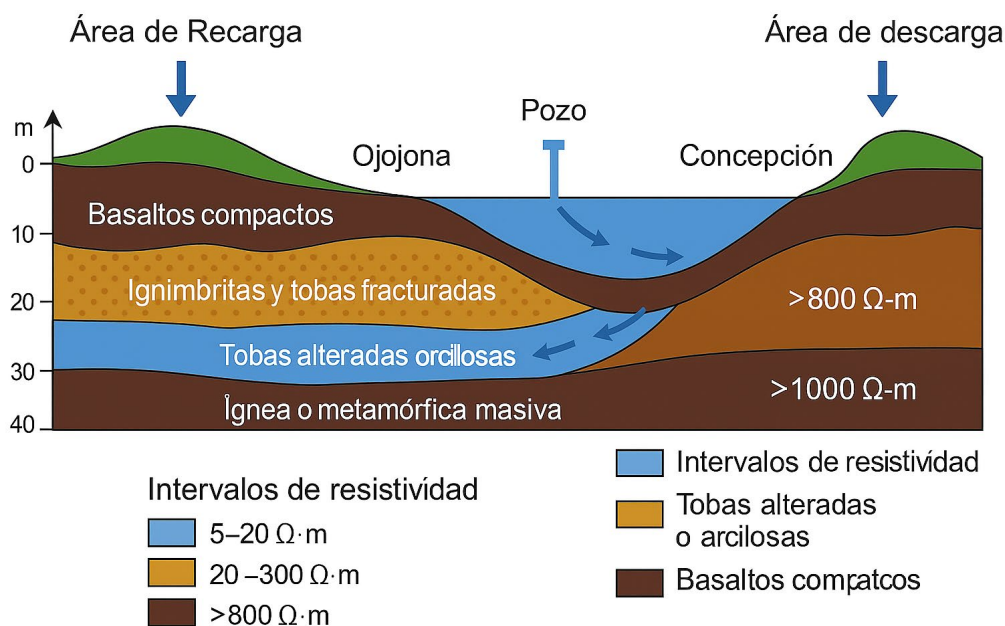


Figura 9. Modelo conceptual hidrogeológico de la subcuenca Río Grande o Concepción. Se integran las unidades geológicas (Tpmi y Tpmn), las zonas de resistividad, la dirección del flujo y las áreas de recarga. Elaboración propia con base en Gallardo (2022)⁸.

Se muestran la integración de las unidades geológicas predominantes (Padre Miguel Inferior – Tpmi y Miembro Nueva Aldea – Tpmn), los rangos de resistividad medidos mediante tomografía eléctrica (5–1000 $\Omega \cdot m$), las zonas de recarga y descarga del acuífero y la dirección general del flujo subterráneo hacia la represa Concepción. Elaboración propia a partir de los resultados de los sondeos eléctricos y del mapa geológico base³.

Síntesis interpretativa

- **Zonas de alta saturación (5–20 $\Omega \cdot m$):** ignimbritas y tobas alteradas; mayor potencial acuífero.
- **Zonas de resistividad media (20–300 $\Omega \cdot m$):** materiales parcialmente saturados; permeabilidad intermedia.
- **Zonas de alta resistividad (>800 $\Omega \cdot m$):** basaltos compactos o medios secos; con baja capacidad de almacenamiento.

Estos resultados confirman la eficacia de la tomografía eléctrica (ERT) para caracterizar acuíferos en medios volcánicos fracturados, aportando información clave para la gestión sostenible del agua subterránea en Tegucigalpa, lo cual se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 y 13.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante tomografía eléctrica (ERT) en la subcuenca del Río Grande o de Concepción evidencian una marcada heterogeneidad hidrogeológica en medios volcánicos fracturados, con valores de resistividad comprendidos entre 5 y 1000 $\Omega \cdot m$. Este rango permitió distinguir materiales con distintos grados de conductividad eléctrica —tobas alteradas, ignimbritas y basaltos—, lo que refleja la complejidad estructural de los acuíferos fisurados que caracterizan esta región³.

Los valores bajos de resistividad (<20 $\Omega \cdot m$), identificados principalmente en Lepaterique y Ojojona, confirman la presencia de zonas saturadas y de procesos activos de recarga, coherentes con el gradiente topográfico y la dirección del flujo hacia la represa Concepción. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en estudios

de medios volcánicos similares realizados en Honduras⁸, Nicaragua⁹ y México⁷, donde las ignimbritas riolíticas y las tobas fracturadas actúan como reservorios secundarios que almacenan agua subterránea. La similitud de estos patrones con los observados en el presente trabajo valida la efectividad del método ERT para caracterizar acuíferos tropicales en regiones con geología compleja.

En los sectores donde se registraron resistividades altas ($>800 \Omega \cdot m$), se infiere la presencia de basaltos compactos y zonas no saturadas, con baja conductividad eléctrica y permeabilidad reducida. Este comportamiento coincide con lo reportado por Suárez¹⁰, quien documentó la relación directa entre la resistividad elevada y la baja transmisividad en medios ígneos densos. Asimismo, la correlación entre los valores de resistividad y las unidades litológicas observadas en campo confirma la utilidad del ERT como técnica no invasiva para delimitar el espesor y la continuidad lateral de los acuíferos.

La comparación con el mapa geológico base³ demuestra que las unidades Padre Miguel Inferior (Tpmi) y Miembro Nueva Aldea (Tpmn) constituyen los principales reservorios hidrogeológicos de la cuenca. Ambas formaciones están compuestas por ignimbritas, tobas y lodos volcánicos alterados, que presentan una alta fracturación secundaria, lo que favorece el almacenamiento y el flujo subterráneos del agua. Estudios recientes en el Distrito Central⁴⁸ respaldan esta interpretación, señalando que las zonas más productivas coinciden con materiales volcánicos alterados y fisurados.

A escala internacional, los resultados son consistentes con investigaciones realizadas en distintos contextos geológicos. Zhou et al.¹⁴ reportaron resistividades entre 10 y 400 $\Omega \cdot m$ en acuíferos basálticos del este de China, lo que demuestra la precisión del método ERT para identificar zonas saturadas. En las Islas Canarias (España), Paz et al.¹⁵ integraron métodos hidrogeofísicos y la modelación conceptual para caracterizar acuíferos fracturados en medios volcánicos, obteniendo resultados similares sobre la relación entre la resistividad y la porosidad secundaria. En la región tropical sudamericana, Souza et al.¹⁷ aplicaron ERT para mapear flujos subsuperficiales en suelos volcánicos de Brasil, con resultados análogos en los intervalos de resistividad y de profundidad de saturación. Además, Choudhury y Kumar¹⁸ demostraron la eficacia de la combinación ERT–GIS en la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos en terrenos basálticos de la India, mientras que Abu-Shaban et al.¹⁶ sintetizaron en una revisión global los principales avances de la tomografía eléctrica aplicada a la prospección de agua subterránea, destacando su creciente adopción en programas de monitoreo ambiental. Estas comparaciones consolidan el valor internacional del presente estudio y sitúan a Centroamérica en el panorama científico contemporáneo de la hidrogeofísica aplicada.

Implicaciones ambientales y de sostenibilidad

Los resultados de esta investigación ofrecen una base científica sólida para la planificación hídrica del Distrito Central de Honduras, en particular para la protección de las fuentes de abastecimiento y la gestión del riesgo frente a sequías y contaminación. La identificación de zonas con alta saturación y recarga activa permitirá optimizar la ubicación de pozos, delimitar áreas de conservación hídrica y fortalecer las políticas de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

Desde una perspectiva ambiental, los hallazgos evidencian la vulnerabilidad de los acuíferos fisurados ante el uso intensivo de agroquímicos y la expansión urbana no planificada. Estas condiciones incrementan el riesgo de infiltración de nitratos, fosfatos y otros contaminantes hacia los niveles freáticos, lo que exige la implementación de estrategias preventivas de control y de monitoreo ambiental sostenido.

En este contexto, el estudio contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 13, al proporcionar información técnica esencial para garantizar el acceso al agua limpia, promover la acción climática y fortalecer la resiliencia hídrica a nivel regional. La integración de técnicas hidrogeofísicas y de análisis geológicos en zonas tropicales constituye una herramienta efectiva para evaluar la disponibilidad, la vulnerabilidad y la sostenibilidad del agua subterránea.

De manera más amplia, este trabajo constituye un avance metodológico y aplicado para los estudios hidrogeológicos en América Central, demostrando que la tomografía eléctrica (ERT) es una técnica robusta y replicable para la exploración y gestión sostenible del agua subterránea en ambientes volcánicos tropicales, donde los métodos convencionales suelen ser limitados.

CONCLUSIONES

El presente estudio constituye una contribución original al conocimiento hidrogeofísico de los acuíferos volcánicos tropicales en Centroamérica. Mediante la aplicación del método de Tomografía de Resistividad

Eléctrica (ERT), se caracterizaron en detalle las formaciones geológicas de la subcuenca Río Grande o Concepción, determinándose resistividades entre 5 y 1000 $\Omega \cdot m$ asociadas a tobas, ignimbritas y basaltos fracturados. Se identificaron acuíferos de fisura con profundidades de saturación entre 5 y 25 metros, localizados principalmente en las zonas de Lepaterique y Ojojona, donde se concentran los principales sectores de recarga. La novedad científica del trabajo radica en integrar información geofísica, cartografía geológica y análisis ambiental para delinear zonas de recarga hídrica en un contexto tropical con escasa documentación previa. Esta aproximación multidisciplinaria aporta evidencia empírica inédita sobre la distribución eléctrica del subsuelo hondureño, respaldada por comparaciones regionales e internacionales.

Los resultados constituyen una base técnica de alto valor para la gestión sostenible del agua subterránea, orientada a la planificación territorial, a la protección de fuentes y al diseño de estrategias de monitoreo ambiental. En un contexto de cambio climático y creciente presión sobre los recursos hídricos, la investigación demuestra que el uso de la tomografía eléctrica es una herramienta eficaz, económica y ambientalmente responsable para fortalecer la resiliencia hídrica y promover la sostenibilidad del recurso en regiones tropicales. En conjunto, este estudio amplía la comprensión científica sobre los acuíferos volcánicos fracturados y posiciona a Honduras en el mapa internacional de la hidrogeofísica aplicada, aportando una referencia metodológica útil para futuras investigaciones en América Latina y en otras regiones con condiciones geológicas semejantes.

Finalmente, aunque los resultados obtenidos ofrecen una caracterización robusta del subsuelo, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la modelación tridimensional (ERT 3D) e integren análisis hidrogeoquímicos para validar la composición y calidad del agua subterránea. Asimismo, la incorporación de una perspectiva ambiental más amplia permitiría proyectar los posibles riesgos de contaminación difusa por nitratos y fosfatos en escenarios de expansión agrícola y urbana. El fortalecimiento del conocimiento sobre los límites administrativos de la subcuenca y su vinculación con el sistema de abastecimiento de Tegucigalpa contribuirá a una gestión hídrica más eficiente y sostenible.

Agradecimientos

La autora expresa su agradecimiento al M.Sc. Manuel Rodríguez, por su asesoría técnica en la interpretación de los sondeos eléctricos, y al Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCT) por la provisión de datos geológicos y de nivel freático.

Declaración de conflicto de intereses

La autora declara que no existe ningún conflicto de intereses en la realización y publicación de esta investigación.

Declaración ética

El estudio no involucró experimentación con seres humanos ni con animales. Todo el trabajo de campo se realizó con autorización institucional y conforme a los principios éticos de la investigación científica establecidos por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial (IA):

Los autores declaran que se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa únicamente para la edición lingüística, la corrección gramatical y la estandarización de formato, bajo supervisión humana. No se emplearon herramientas de IA para la generación, el análisis o la interpretación de datos. Todo el contenido científico, las conclusiones y las figuras son resultado de autoría humana y fueron verificadas de manera independiente por los autores, conforme a la política de BioNatura Journal sobre contenidos asistidos por IA (<https://bionaturajournal.com/artificial-intelligence--ai-.html>).

REFERENCIAS

1. Berrios SP. Protección legal de las fuentes de agua en la ciudad de Tegucigalpa. *Rev Derecho*. 2014;35(1):75–91.

2. MiAmbiente. Plan Nacional de Reducción de Riesgos por Sequía 2020–2038 [documento en línea]. Tegucigalpa: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente; 2020. Disponible en: <http://www.miamambiente.gob.hn/static/documentos/PropuestaPNRRS.pdf>
3. University of Texas Austin. Geodata. Mapa geológico de Honduras, Lepaterique, hoja 2758 III G [mapa en línea]. 2021. Disponible en: <https://geodata.lib.utexas.edu/catalog/princeton-bv73c226t>
4. Escobar MJ. Caracterización hidrogeológica para la subcuenca Guacerique: herramientas para la gestión del recurso hídrico [tesis de maestría]. Tegucigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Honduras; 2022.
5. Auge D. Métodos geoelectrónicos para la prospección de agua subterránea [libro en línea]. En: Tierra: Red Temática de Ciencias de la Tierra; 2008. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/ProspeccionGeoelec.pdf>
6. PQWT. Operation Manual for PQWT-TC150/TC300/TC500/TC700 [manual en línea]. Geophysical Prospecting Instrument; 2017 [citado 2022 mar 18]. Disponible en: <https://5.imimg.com/data5/SELLER/Doc/2021/4/II/WX/IC/123472109/water-detector.pdf>
7. Huitzil EV. Tomografía eléctrica aplicada a caracterizar la cantera La Joya ubicada en el municipio de Ixtacuixtla, Tlaxcala [tesis]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2015.
8. Gallardo GR. Aplicación de los métodos eléctricos para caracterizar el subsuelo en la zona de los volcanes, Lago de Yojoa [tesis]. Tegucigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Honduras; 2022.
9. Castro-Hidalgo DF, Martínez-Mendoza MC. Modelo conceptual hidrogeofísico para la exploración del acuífero “Las Sierras”: caso de la subcuenca III, sector sureste del lago de Managua, Nicaragua. *Geofísica Int.* 2024;1–16. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0016-71692024000401209&script=sci_arttext
10. Suárez JC. Correlación entre la resistividad de las rocas y la resistencia a la compresión simple [tesis]. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay; 2020.
11. Rivera KM. Caracterización hidrogeológica preliminar en la zona alta del Cerro de Hula, ubicado en el municipio de Santa Ana, Francisco Morazán, para el manejo sostenible de las aguas subterráneas [tesis]. Tegucigalpa: Universidad Nacional Autónoma de Honduras; 2023.
12. Japan International Cooperation Agency (JICA). Informe de Apoyo-A Estudio Geológico [informe en línea]. Tokio: JICA; 2005. Disponible en: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11617651_02.PDF
13. Cruz GO. Escasez de agua en Tegucigalpa, Honduras: ¿Está siendo afectada la subcuenca Guacerique por la variabilidad climática y el arrastre de sedimentos? *Rev Cienc Ambient.* 2021;55(1):118–136.
14. Zhou W, Lin J, Zhang X. Electrical resistivity tomography for groundwater assessment in volcanic terrains. *J Appl Geophys.* 2023;214:105–118.
15. Paz C, Barbero L, Rubio J. Integrated hydrogeophysical characterization of fractured aquifers in basaltic systems, Canary Islands. *Hydrogeol J.* 2022;30(9):1865–1880.
16. Abu-Shaban A, Kassim A, Othman R. Application of electrical resistivity tomography in groundwater potential mapping: A review. *Environ Earth Sci.* 2024;83:275.
17. Souza L, Furtado D, Ribeiro F. Mapping subsurface water flow in tropical volcanic soils using ERT. *J S Am Earth Sci.* 2021;112:103516.
18. Choudhury R, Kumar P. Evaluating groundwater vulnerability in semi-arid basaltic terrains using integrated ERT and GIS. *Sci Rep.* 2022;12(1):14201.

Received: 06 Aug 2025 / **Accepted:** 10 Oct 2025 / **Published (online):** 15 Dec 2025 (Europe/Madrid)

Citation:

Lara Peña IG, Rodríguez Maradiaga MJ, Ruiz Alvares MA. Evaluación hidrogeofísica de la subcuenca Río Grande o Concepción: implicaciones para la gestión sostenible del agua subterránea en Tegucigalpa, Honduras. *BioNatura Journal.* 2025;2(4):14. <https://doi.org/10.70099/BJ/2025.02.04.14>

Additional Information

Correspondence should be addressed to: iris.lara@unah.edu.hn

Peer Review Information:

BioNatura Journal thanks the anonymous reviewers for their valuable contribution to the peer-review process. Regional peer-review coordination was conducted under the **BioNatura Institutional Publishing Consortium (BIPC)**, involving **Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)**, **Universidad de Panamá (UP)**, and **RELATIC (Panama)**, with reviewer support via [Web of Science Reviewer Locator](#).

Publisher Information:

Published by **Clinical Biotec S.L. (Madrid, Spain)** as the publisher of record under the **BioNatura Institutional Publishing Consortium (BIPC)**.

Institutional co-publishers: **Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)**, **Universidad de Panamá (UP)**, and **RELATIC (Panama)**.

Places of publication: Madrid (Spain); Tegucigalpa (Honduras); Panama City (Panama).

Online ISSN: 3020-7886

Open Access Statement:

All articles published in *BioNatura Journal* are freely and permanently available online immediately upon publication, without subscription charges or registration barriers.

Publisher's Note:

BioNatura Journal remains neutral regarding jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright and License:

© 2025 by the author. This article is published under the terms of the **Creative Commons Attribution (CC BY 4.0)** license, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

For details, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Governance:

For editorial governance and co-publisher responsibilities, see the **BIPC Governance Framework (PDF)** at <https://clinicalbiotec.com/bipc>.