

EL HIDROGEODÍA

El **Hidrogeodía** es una jornada de divulgación de la Hidrogeología (parte de la geología que estudia las aguas terrestres, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, químicas y sus interacciones con el medio físico, biológico y la acción del hombre), con motivo de la celebración del **Día Mundial del Agua** (22 de marzo).

Esta jornada está promocionada por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE) y consta de **actividades gratuitas**, guiadas por hidrogeólogos y **abiertas a todo tipo de público**, sin importar sus conocimientos en la materia.

En Ecuador, el **Hidrogeodía 2025** se celebra en el acuífero costero de Manglaralto, al norte de la provincia de Santa Elena, Ecuador. La temática central del evento abarca el “**Sitio Demostrativo de Ecohidrología-Sistema Río Acuífero Manglaralto**”, considerando la reciente denominación de este sistema como Sitio de Demostración de Ecohidrología de UNESCO. Se llevará a cabo una visita guiada por 3 puntos relacionadas con la gestión del sistema río-acuífero en la parroquia rural de Manglaralto:

- 1) Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto (JAAPMAN): Promotores comunitarios del aprovechamiento sostenible del agua subterránea, que genera vida, trabajo y desarrollo.
- 2) Tape técnico-artesanal en el geositio “Acuífero costero de Manglaralto”.

- 3) Pozos históricos 01 y 02 de captación de agua subterránea.
- 4) Reservorio de Manglaralto

CÓMO LLEGAR

El punto de partida de nuestro recorrido será la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Guayaquil-Ecuador (Edificio 3A), en el parqueadero del Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT).

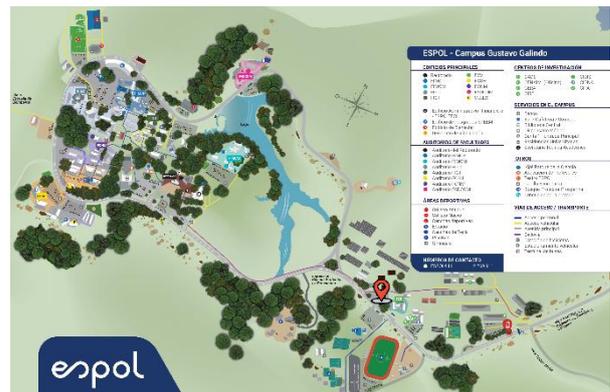


Figura 1: Punto de encuentro: Parqueadero del edificio 3^a
Fuente: <https://www.espol.edu.ec/es/mapa-del-campus>

En el parqueadero del edificio 3A nos esperará un autobús donde emprenderemos el viaje desde Guayaquil a Santa Elena. La distancia aproximada es de 170 km y tiene una duración de 3h00, a lo largo de la ruta conocida como “Ruta del Spondylus”. En el trayecto, se podrá apreciar la vista de las diferentes geoformas de la costa ecuatoriana. Como primer punto, visitaremos la JAAPMAN (Parada I) ubicada en la parroquia de Manglaralto, donde se realizará la apertura del evento y se darán breves charlas relacionadas a la temática. Después, visitaremos el tape técnico-artesanal

del sistema río-acuífero Manglaralto (Parada 2). Finalmente, con la comunidad visitaremos los pozos históricos 01 y 02 de captación de agua subterránea (Parada 3). Estos pozos fueron visitados en julio de 2011 por el director general del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Yukiya Amano, como parte del programa de cooperación técnica entre la OIEA, ESPOL y la comunidad.

ENTORNO GEOLÓGICO SISTEMA RÍO-ACUÍFERO MANGLARALTO

El sistema río-acuífero Manglaralto se encuentra ubicado dentro de la cuenca hidrológica Manglaralto. Este acuífero de tipo costero somero es gestionado por la JAAPMAN, utilizando técnicas de Siembra y Cosecha de Agua (SyCA), para abastecer de agua a seis comunas: Montañita, Manglaralto, Río Chico, Cadeate, San Antonio y Libertador Bolívar. A lo largo del sistema se han construido 15 pozos, para la extracción del agua subterránea; y un tape técnico artesanal, para la recarga artificial del acuífero.

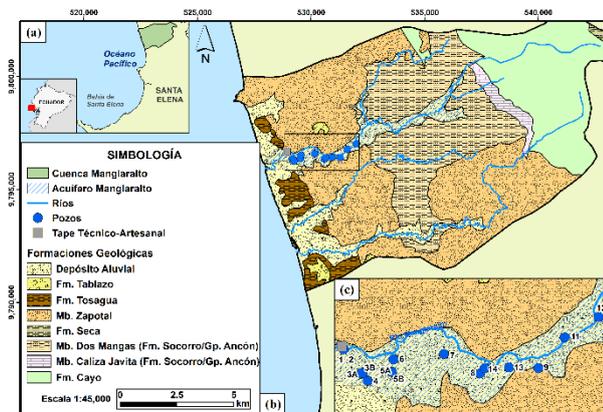


Figura 11: Esquema geológico de las unidades geológicas del sistema río-acuífero de Manglaralto. a) Ubicación de la cuenca; (b) Unidades geológicas en el área de la cuenca; (c) Sistema de pozos y tape.

La unidad geológica más antigua de la cuenca corresponde a la formación Cayo del Cretácico Superior (Figura 2b). La capa impermeable que favorece el atrapamiento de agua corresponde a las unidades litológicas del grupo Ancón, y la capa permeable con buenas condiciones de porosidad y permeabilidad son los depósitos aluviales del Cuaternario.

El volumen de agua estimado del acuífero es de 13,6 Hm³ (Carrión-Mero, Quiñonez-Barzola, et al., 2021). Sin embargo, existen problemas relacionados al bombeo intensivo por aumento de la demanda poblacional (local y flotante) y las condiciones climáticas (clima semiárido), que han provocado la disminución del nivel freático y como resultado se presente el fenómeno de intrusión salina en la cuenca (Carrión-Mero, Montalván, et al., 2021).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Inicialmente, el suministro de agua dulce de la comuna de Manglaralto se daba por medio del río intermitente Manglaralto, perforaciones de pozos y tanqueros. En varias ocasiones, los pozos no tuvieron un debido aprovechamiento dada la falta de información de la geometría y litología del acuífero. La excavación de estos pozos se realizaba de manera rudimentaria, a diferencia de las maquinarias que se emplean actualmente.

Ante esta problemática, surgió la Junta de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN), fundada el 29 de marzo de 1979 por el arzobispo Othmar Stahelli, con la finalidad de abastecer de agua para uso doméstico a la población.

En la actualidad, Manglaralto se destaca por conservar métodos ancestrales para recargar

el acuífero de manera artificial siendo una Solución Basada en la Naturaleza (SbN) que beneficia a miles de habitantes de esta parroquia rural. El método consiste en aprovechar el caudal del río, mediante la construcción de una estructura o barrera conocida como “tape” (dique artesanal), que disminuye el flujo de agua al océano, reteniendo y almacenando el recurso al máximo para la infiltración y el aumento de volumen del agua dulce en el subsuelo. Además, de alejar la cuña de intrusión salina que afecta a este acuífero costero.

En un principio, se empleaban rocas y material arcilloso de la superficie para la construcción del dique, sin embargo, las lluvias torrenciales provocaban su deterioro y posterior destrucción. Para solucionar este desafío, la comunidad mediante sistemas de prueba y error logrando un avance en sus técnicas hidráulicas y con la ayuda del proceso de Investigación-Acción-Participativa (IAP) con la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) desde el 2017 sus “tapes” pasaron a ser técnico-artesanal.

PARADAS

Parada I. Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto (JAAPMAN). Organización comunitaria y su resiliencia de agua.



Parada II. Tape técnico-artesanal en el geositio “Acuífero costero de Manglaralto”.



Parada III. Pozos históricos 01 y 02 de captación de agua subterránea.



Parada IV. Reservorio de Agua.



TIPOS DE AGUAS

En Manglaralto, se han identificado dos tipos de agua en el acuífero: el agua dulce ubicada en los pozos de la cuenca, y el agua salobre ubicada en los pozos cerca del océano los cuales tienen cloro y calcio producto de la intrusión del agua marina especialmente en la temporada de sequía en donde va ganando terreno en el subsuelo (Carrión-Mero et al., 2024), aumentando el contenido de sales del agua dulce contenida en los acuíferos. La salinización se agudiza por la extracción del recurso hídrico (Carrión-Mero, Montalván, et al., 2021).

Un estudio realizado en el sector demostró que los pozos cercanos al océano presentaron un contenido alto de Cl^- y Ca^{2+} debido a la intrusión marina (Figura III), por otro lado, aquellos alejados del océano se consideraron como agua dulce (Carrión-Mero, Montalván, et al., 2021).

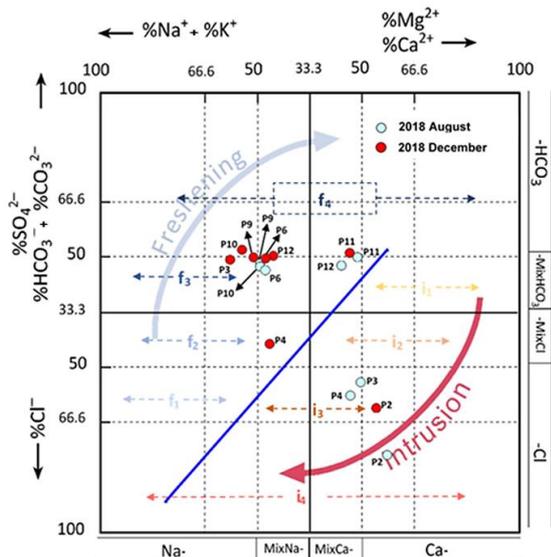


Figura III: Caracterización del agua subterránea de la cuenca del río Manglaralto mediante el Diagrama de Evolución de Facies Hidroquímicas (HFE-D) mostrando los

subestados de intrusión de agua de mar (i) y de endulzamiento de agua dulce (f).

Durante la temporada lluviosa, la cantidad de sales se reduce, favoreciendo la acumulación de agua dulce en los pozos cercanos al océano, esto es debido a la combinación de agua dulce del acuífero con agua salobre en la fase de la recarga.

La calidad de las aguas subterráneas resulta afectada por las actividades humanas, especialmente en los pozos someros y cercanos al océano. Las actividades antrópicas (Alcalá & Custodio, 2008; Morante et al., 2019), como la explotación ganadera, provocan la infiltración de las aguas residuales contribuyendo a la degradación del acuífero.

A partir de las investigaciones desarrolladas en la Manglaralto, se define que una responsable gestión del acuífero requiere medidas de protección de los agentes que participan en su recarga (río, terrazas aluviales y zonas altas de la cordillera Chongón-Colonche).

AGUA Y SOCIEDAD

La población de Manglaralto depende netamente del acuífero para el suministro de agua dulce mediante la extracción en pozos (Carrión-Mero et al., 2020). El agua subterránea se encuentra almacenada en depósitos aluviales recientes, conformado en su mayoría por gravas y arenas (Morante-Carballo et al., 2024).

Desde 1980, la Junta Regional Administradora de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN), mediante pozos de agua (actualmente 15), gestiona el acuífero costero y distribuye de agua potable a las viviendas del centro de

Manglaralto y a sus seis comunidades (Montañita, Manglaralto, Río Chico, Cadeate, San Antonio y Libertador Bolívar) (Herrera-Franco et al., 2018).

La aplicación de conocimientos ancestrales y la implicación activa de la comunidad resultan de importancia para los habitantes para enfrentar la escasez de lluvia y la sobreexplotación del acuífero (Carrión et al., 2018).

Gracias al apoyo de la comunidad universitaria, JAAPMAN ha construido estos diques aprovechando la temporada invernal, y a través del tiempo, han progresado en cuanto a su diseño, locación y construcción, conduciendo al desarrollo de tapes técnico-artesanales con mayor rendimiento (Carrión-Mero, Morante-Carballo, et al., 2021; Herrera-Franco et al., 2020).

El suministro de agua por parte de la JAAPMAN, además de cubrir las necesidades domésticas de los habitantes del sector, también aporta al desarrollo de las actividades comerciales, hotelera, agricultura y ganadería. Además, con la construcción el tape técnico-artesanal, ha creado un espacio ideal para la pesca y actividades recreativas.

ECO-HIDROLOGÍA

La Ecohidrología es un enfoque innovador que integra procesos hidrológicos y ecológicos para promover la sostenibilidad hídrica y la conservación de ecosistemas. En contextos de escasez de agua, como en las zonas costeras semiáridas, la ecohidrología ofrece soluciones basadas en la naturaleza que optimizan la disponibilidad de agua, restauran hábitats y fortalecen la resiliencia comunitaria frente al

cambio climático. El Sistema **Río-Acuífero Manglaralto** ha implementado estos principios para lograr una gestión sostenible del agua y preservar su biodiversidad, éstos se resumen a continuación:

Hidrológico: Uso de conocimientos ancestrales para construir diques artesanales ("tapes"), mejorando la recarga artificial del acuífero y aumentando el suministro de agua.



Figura IV: Tape técnico-artesanal en el sistema río-acuífero de Manglaralto, utilizado para la recarga artificial del acuífero y el suministro sostenible de agua.

Ingeniería Ecológica: Uso de vegetación ribereña y filtros verdes con *Guadua angustifolia* para mejorar la infiltración y tratar aguas residuales.



Figura V: Implementación de vegetación ribereña en el sistema río-acuífero de Manglaralto.

Tecnologías Ecohidrológicas

“Dual regulation” (regulación agua-biota y biota-agua):

Regulación agua-biota: El dique artesanal regula el flujo de agua durante periodos lluviosos, permitiendo la infiltración al acuífero y manteniendo recursos hídricos esenciales para comunidades costeras y ecosistemas asociados, como estuarios, manglares y bosques secos tropicales. La retención de agua crea hábitats para aves como la Garza Dedos Dorados (*Egretta thula*), Garza Azul (*Ardea herodias*) y el Martín Pescador (*Nyctanassa violacea*), además de peces como Chalaco (*Gobiesox marmoratus*) y la Caballa del Pacífico (*Scomber australasicus*).



Figura VI: Hábitat generado por la regulación agua-biota, proporcionando refugio a especies del área.

Biota-agua: La reforestación con *Guadua angustifolia* en las riberas reduce la erosión, mejora la infiltración y filtra sedimentos y nutrientes. Los filtros verdes con esta especie tratan aguas residuales, protegiendo ecosistemas y mejorando la calidad del agua disponible para la comunidad.

Infraestructura Ecohidrológica y Biotecnologías: El dique construido con materiales locales mejora la retención de agua y la recarga de acuíferos.

Fitotecnología: Uso de plantas para eliminar contaminantes; *Guadua angustifolia* muestra alta eficiencia en la eliminación de DBO_5 y coliformes.

Flujo Ambiental: El diseño del dique con pendiente 4:1 reduce la erosión y favorece la infiltración y biodiversidad.



Figura VII: Dique técnico-artesanal con pendiente 4:1 en el sistema río-acuífero de Manglaralto.

Principales Resultados y Beneficios:

- Aumento de la recarga de acuíferos y mejora de la seguridad hídrica para 20,000 habitantes.
- Conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.
- Participación comunitaria y resiliencia climática.

SITIOS DEMOSTRATIVOS DE ECOHIDROLOGÍA (SDE)

Los SDE son áreas específicas donde se aplican y prueban principios de ecohidrología para la gestión sostenible del agua y los ecosistemas. Estos sitios están respaldados por la UNESCO dentro del Programa Hidrológico Internacional (PHI) y funcionan como laboratorios naturales para evaluar cómo la

interacción entre los procesos ecológicos y el ciclo del agua puede contribuir a la restauración ambiental y la resiliencia frente al cambio climático. (UNESCO, 2024).

Objetivo y Usos de los SDE

Los sitios demostrativos tienen como finalidad:

- Implementar soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para mejorar la calidad y disponibilidad del agua.
- Restaurar y conservar ecosistemas acuáticos y terrestres a través de enfoques ecohidrológicos.
- Reducir impactos ambientales ocasionados por actividades humanas como la agricultura, urbanización e industrias extractivas.
- Servir como modelos replicables para la gestión del agua en distintas regiones.
- Monitorear los efectos del cambio climático y promover estrategias de adaptación a nivel local y global.
- Educar y sensibilizar a las comunidades y a los responsables de la gestión del agua sobre el valor de la ecohidrología.

SDE Adjudicados en 2024

En 2024, la UNESCO-PHI aprobó **12 nuevos SDE**, ubicados en distintas partes del mundo:

1. Tajzara Lagoons, Bolivia
2. Río Cruces Wetland Center, Chile
3. **Manglaralto River-Aquifer System, Santa Elena, Ecuador**
4. Nature-based technological solution at La Reina, El Salvador
5. Lake Hayq, Ethiopia
6. Bio-Ecological Drainage System (BIOECODS) at USM, Malaysia

7. Stormwater Management at UTHM, Malaysia
8. Lago de Texcoco, Mexico
9. Speulderbos, Netherlands
10. Sihwa Lake, Republic of Korea
11. The Middle Course of the Ebro River, Spain
12. Birmingham Urban Observatory, United Kingdom

Actualmente, hay 63 SDE por UNESCO a nivel mundial, 3 de ellos en Ecuador (Los Paltas-Catacocha, Loja; Cuenca Hidrográfica de Pelican Bay, Galápagos y Sistema Río-Acuífero Manglaralto, Santa Elena)

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la comunidad de Manglaralto y los representantes de la Junta Regional Administradora de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN). Se agradece a Ing. Gricelda Herrera, Ph.D., docente e investigadora de la (UPSE). Al proyecto de servicio comunitario “Siembra, cosecha y reutilización del agua para la sostenibilidad (Fase II)”, “Proyecto Geoparque Península de Santa Elena”, proyecto de vinculación de la UPSE “Rural girl en las ciencias” y al Decanato de Vinculación por todo el apoyo de gestión en la ejecución del proyecto. Además, la Red SbN-GIA (2025 - 2028) “Soluciones basadas en la Naturaleza para la Gestión Integral del Agua en Comunidades Vulnerables” con código institucional 625RT0176.



Pueden visitar los videos de divulgación del proyecto Siembra y Cosecha en los siguientes links:

Proyecto Siembra y Cosecha de Agua (ESPOL-JAAPMAN): <https://youtu.be/R65MPd5wF7Y>

Proyecto Siembra y Cosecha de Agua (ESPOL-JAAPMAN): <https://youtu.be/pqJlmvXBvt0>

Gestión Comunitaria:
<https://youtu.be/Yo6srnDDQEM>

Webinar del Hidrogeodía 2024 (1/5):
<https://youtu.be/kRJoUBTmNhs?si=aewlScKBKRM670Cu>

CONSIDERACIONES SOBRE EL HIDROGEODÍA MANGLARALTO

Se recomienda asistir con ropa y calzado cómodo (pantalón largo, camisa, deportivos, botas). Y además llevar chubasquero para protección de la lluvia de ser necesario.

Se recomienda usar protector y repelente de insectos.

Se recomienda llevar refrigerios y agua para mantener la energía e hidratación durante el recorrido.

Se prohíbe arrojar residuos en cualquiera de las áreas a visitar. Siempre buscar un tacho contenedor de basura.

COLABORADORES HIDROGEODÍA MANGLARALTO 2025

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)

Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)

Decanato de Vinculación-ESPOL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT-ESPOL)

Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT-ESPOL)

Junta Administradora de Agua Potable Regional Manglaralto (JAAPMAN)

Junta Administradora del Sistema Regional de Agua Potable Olón (JASRAPO)

Junta Administradora de Agua Potable Regional Valdivia (JAPRV)

Ing. Cecilia Paredes Verduga, Ph.D.

Adriana Santos, Ph.D.

Gina Andrade García, M.Sc.

Ing. Paúl Carrión Mero, Ph. D.

Ing. Gricelda Herrera, Ph.D.

Ing. Fernando Morante, Ph. D.

Ing. Joselyne Solórzano, M. Sc.

Ing. María Fernanda Jaya. Ph. D. (c)

Ing. Emily Sánchez. M.Sc.

Ing. Jenifer Malavé. M.Sc. (c)

Ing. Robert Brito. M.Sc.

Ing. Alanis Jara

Ing. Luis Pacheco

Ing. Kevin Padilla

Gloria Malavé (presidenta JAAPMAN)

Carlos Palomino (tesorero JAAPMAN)

Adriana Reyes (secretaria JAAPMAN)
 Roberto Borbor (primer vocal JAAPMAN)
 Andrea Morales (segundo vocal JAAPMAN)
 Oscar Reyes (tercer vocal JAAPMAN)
 Milton Yagual (operador técnico JAAPMAN)
 Carlos Reyes (operador técnico JAAPMAN)
 Máximo de los Santos (operador técnico JAAPMAN)
 Milton Tomalá (operador técnico JAAPMAN)
 Israel de la Rosa (operador técnico JAAPMAN)
 Blas Tomalá (operador técnico JAAPMAN)
 Humberto Suárez (operador técnico JAAPMAN)
 Javier Yagual (operador técnico JAAPMAN)
 Ricardo González (operador técnico JAAPMAN)
 José Laines (operador técnico JAAPMAN)
 Karly Orrala (operador técnico JAAPMAN)

PARA SABER MÁS

Alcalá, F. J., & Custodio, E. (2008). Using the Cl/Br ratio as a tracer to identify the origin of salinity in aquifers in Spain and Portugal. *Journal of Hydrology*, 359(1–2), 189–207.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.06.028>

Carrión-Mero, P., Montalván, F. J., Morante-Carballo, F., Heredia, J., Elorza, F. J., Solórzano, J., & Aguilera, H. (2021). Hydrochemical and Isotopic

Characterization of the Waters of the Manglaralto River Basin (Ecuador) to Contribute to the Management of the Coastal Aquifer. *Water*, 13(4), 537.
<https://doi.org/10.3390/w13040537>

Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Briones-Bitar, J., Herrera-Borja, P., Chávez-Moncayo, M., & Arévalo-Ochoa, J. (2021). Design of a Technical-Artisanal Dike for Surface Water Storage and Artificial Recharge of the Manglaralto Coastal Aquifer. Santa Elena Parish, Ecuador. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(3), 515–523.
<https://doi.org/10.18280/ijstdp.160312>

Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Varas, M., Herrera-Franco, G., Briones-Bitar, J., Malavé-Hernández, J., Fajardo-González, I., & Campoverde-Cabrera, J. (2020). Applied Geology to the Design of Handcrafted Dikes (Tapes) and its Impact in the Recharge of the Manglaralto Coastal Aquifer, Santa Elena, Ecuador. *18 Th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1–11.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.307>

Carrión-Mero, P., Quiñonez-Barzola, X., Morante-Carballo, F., Javier Montalván, F., Herrera-Franco, G., & Plaza-Úbeda, J. (2021). Geometric model of a coastal aquifer to promote the sustainable use of water. Manglaralto, Ecuador. *Water (Switzerland)*, 13(7).
<https://doi.org/10.3390/w13070923>

Carrión, P., Herrera, G., Briones, J., Sánchez, C., & Limón, J. (2018). Practical Adaptations of Ancestral Knowledge for Groundwater Artificial Recharge Management of Manglaralto Coast. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 375–386.

<https://doi.org/10.2495/SDPI80341>

Herrera-Franco, G., Alvarado-Macancela, N., Gavín-Quinchuela, T., & Carrión-Mero, P. (2018). Participatory socio-ecological system: Manglaralto-Santa Elena, Ecuador. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(4), 303–310. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1481632>

Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., & Briones-Bitar, J. (2020). Aplicación del conocimiento ancestral mediante albarradas y tapes en la gestión del agua en la provincia de Santa Elena, Ecuador. *Boletín Geológico y Minero*, 131(1), 75–88. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.131.1.005>

Morante-Carballo, F., Briones-Bitar, J., Montalván, F. J., Alencastro-Segura, A., Chávez-Moncayo, M. A., & Carrión-Mero, P. (2024). Proposal of an alluvial dike as a nature-based solution for

sustainable water management in coastal areas. *Results in Engineering*, 23, 102599. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102599>

Morante, F., Montalván, F. J., Carrión, P., Herrera, G., Heredia, J., Elorza, F. J., Pilco, D., & Solórzano, J. (2019). *Hydrochemical and Geological Correlation to establish the Groundwater Salinity of the Coastal Aquifer of the Manglaralto River Basin, Ecuador*. 139–149. <https://doi.org/10.2495/WRM190141>

UNESCO. (2024). *Sitios Demostrativos de Ecohidrología en América Latina y el Caribe: Pasado, presente y futuro*. <https://doi.org/10.54677/FIAF3444>



NOTAS

RECORRIDO DEL HIDROGEODÍA MANGLARALTO 2025

