

# Determinación de la vulnerabilidad del acuífero en la cuenca hidrográfica Guayas mediante el método GOD-S

## *Determination of aquifer vulnerability in the Guayas hydrographic basin using the GOD-S method*

Taniver Franshesca Burgos Torres <sup>1\*</sup> y Catherine Alexandra Burgos Torres <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador, Guayaquil; <https://orcid.org/0009-0007-1670-3201>

<sup>2</sup> Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Milagro; <https://orcid.org/0009-0000-3287-6590>; [cburgost@unemi.edu.ec](mailto:cburgost@unemi.edu.ec)

\* Correspondencia: [fburgos@uagraria.edu.ec](mailto:fburgos@uagraria.edu.ec)

 <https://doi.org/10.70881/hnj/v4/n1/115>

**Cita:** Burgos Torres, T. F., & Burgos Torres, C. A. (2026). Determinación de la vulnerabilidad del acuífero en la cuenca hidrográfica Guayas mediante el método GOD-S. *Horizon Nexus Journal*, 4(1), 282-296.

<https://doi.org/10.70881/hnj/v4/n1/115>

**Recibido:** 09/02/2026

**Revisado:** 14/03/2026

**Aceptado:** 17/03/2026

**Publicado:** 20/03/2026



**Copyright:** © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

**Resumen:** Las aguas subterráneas de la cuenca hidrográfica Guayas están experimentando una creciente amenaza a causa de la liberación de sustancias contaminantes proveniente de actividades antropogénicas ubicadas en la superficie, el presente estudio tiene como objetivo crear un mapa de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación en la cuenca hidrográfica Guayas. Se utilizó el método GOD-S para identificar la vulnerabilidad del acuífero, en donde se determinaron los parámetros G (Grado de confinamiento hidráulico), O (Ocurrencia de la capa suprayacente), D (Distancia al nivel del agua subterránea y S (Tipo de Suelo), con la ayuda del Software Arcgis 10.8 se realizó la multiplicación de 4 capas en formato raster obtenido un mapa de vulnerabilidad. Los resultados obtenidos permitieron crear un mapa de vulnerabilidad con 3 rangos: Alta, Media, Baja, en el que se identificaron 42 cantones en la categoría de vulnerabilidad alta, 64 cantones en la categoría de vulnerabilidad media y 59 cantones en la categoría baja que conforman la cuenca hidrográfica Guayas.

**Palabras clave:** Acuífero; Vulnerabilidad; Riesgo; Contaminación.

**Abstract:** The groundwater of the Guayas River Basin is experiencing a growing threat due to the release of pollutants from surface-level anthropogenic activities. This study aims to create a vulnerability map of the aquifer to contamination in the Guayas River Basin. The GOD-S method was used to identify aquifer vulnerability, determining the parameters G (Degree of Hydraulic Confinement), O (Occurrence of the Overlying Layer), D (Distance to the Groundwater Level), and S (Soil Type). Using ArcGIS 10.8 software, four raster layers were multiplied to create a vulnerability map. The results allowed for the creation of a vulnerability map with three ranges: High, Medium, and Low. This map identifies 42 cantons in the high vulnerability category, 64 cantons in the medium vulnerability category, and 59 cantons in the low vulnerability category, all of which comprise the Guayas River Basin.

**Keywords:** Aquifer; Vulnerability; Risk; Contamination.

## 1. Introducción

Las aguas subterráneas son un componente esencial del ciclo hidrológico, consideradas a nivel global como un recurso vital e importante para satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos aportando con la mitad del volumen de agua extraída para uso doméstico y alrededor del 25% para el riego (Naciones Unidas, 2022). Desempeña un papel fundamental para la seguridad alimentaria, el mantenimiento de los ecosistemas, servicios de regulación, constituyéndose así como un recurso natural estratégico para la adaptación al cambio climático (Naciones Unidas, 2022; Solís Sosa, 2023).

El desarrollo de las actividades agrícolas, urbanas e industriales conllevan el riesgo de introducir contaminantes como nitratos, nitritos, compuestos orgánicos, metales pesados, elementos radioactivos y microorganismos a las aguas subterráneas de manera difusa o puntual (United States Environmental Protection Agency, 2025). Las fugas de tuberías de drenajes del sistema de alcantarillado, de ductos de combustible, lixiviados de botaderos de basura, pueden llegar a los acuíferos por infiltración y lixiviación, procesos que pueden acelerarse si los acuíferos presentan condiciones de alta porosidad y permeabilidad (Berwanger et al., 2025; López Álvarez, 2021).

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación fue mencionado por primera vez por Margat en 1968 quien estableció la primicia de que la zona no saturada ubicada por encima del nivel freático brinda un grado de protección a las aguas subterráneas frente a los contaminantes (Rey, 2025; Viglianchino et al., 2023); en la década de 1980 a medida que aumentaba la contaminación la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) otorgó una definición más práctica de la vulnerabilidad del acuífero por medio del DRASTIC (Stephen et al., 2002) y más tarde Foster e Hirata en 1988 aportaron con el método GOD para la construcción de un mapa de vulnerabilidad universal (Reynolds Vargas, 2002), en la actualidad se han desarrollado otros métodos para su determinación, entre los que se encuentra los métodos EPIK, AVI, SINTACS Y RISK que se integran dentro del Sistema de Información Geográfica (Trujillo et al., 2023).

El riesgo de contaminación ambiental de los acuíferos ha impulsado el desarrollo de mecanismos preventivos, como la generación cartográfica, para proteger los recursos hídricos subterráneos, un ejemplo claro de lo mencionado es el estudio realizado por Viglianchino et al (2023) quienes se apoyaron en las herramientas de Sistema de Información Geográfica para determinar las zonas de alta vulnerabilidad a la contaminación y así reducir los niveles de incertidumbre en la toma de decisiones para la protección de los acuíferos en la cuenca del Arroyo de los Padres en Argentina.

El análisis de la vulnerabilidad del acuífero es utilizado en la gestión y manejo de los recursos hídricos, la misma que considera información de las características propias de los estratos y de las condiciones de cobertura y uso de suelo (Trujillo

et al., 2023). Las características hidrogeológicas y geoquímicas de los acuíferos juegan un rol importante al momento de determinar la vulnerabilidad de los acuíferos, ya que pueden tener mecanismos hidráulicos o fisicoquímicos que atenúen la carga contaminante antrópica lo que les permitiría tener una baja vulnerabilidad (Reynolds Vargas, 2002).

En el Ecuador se ha realizado estudios de vulnerabilidad en las cuencas de los ríos Gala, Tenguel y en la zona minera Ponce Enríquez donde se identificó la predominancia de vulnerabilidad baja y media en las áreas de estudio (Campoverde Muñoz et al., 2023), en la unidad hidrogeológica Huaquillas, se determinó la vulnerabilidad de la contaminación por medio del método DRASTIC y GOD (López et al., 2016) y en el 2017 se realizaron análisis de vulnerabilidad en la reserva biológica Limoncocha y su área de influencia a través del método GOD-S donde se determinaron las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad (Jarrín et al., 2017). Sin embargo, para la cuenca hidrográfica Guayas no se han realizado este tipo de análisis, por lo que se requiere generar este tipo de cartografía, teniendo en consideración que el área presenta acuíferos con características porosos o detríticos (Magallanes et al., 2025).

El principal objetivo de esta investigación es determinar la vulnerabilidad del acuífero de la cuenca hidrográfica del Guayas a través del uso del método GOD-S para la creación de un mapa de vulnerabilidad a la contaminación que servirá de insumo para adoptar medidas protección de los recursos hídricos subterráneos, considerando que los ríos de la cuenca del Guayas presentan alteraciones en la calidad del agua (Deknock et al., 2019; Zambrano et al., 2024) proveniente de actividades agrícolas, silvícolas, de ganadería, acuicultura (Luis et al., 2025).

## **2. Materiales y Métodos**

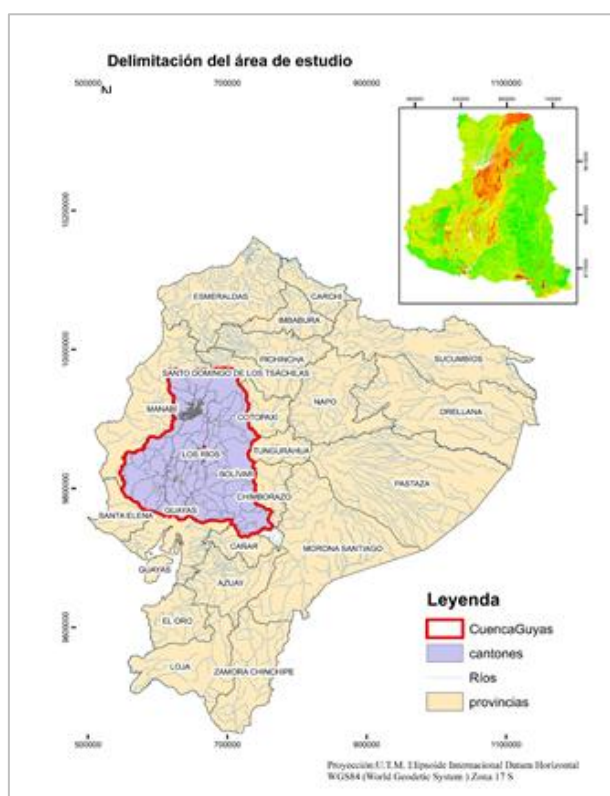
### *2.1. Delimitación del área de Estudio*

El área de estudio seleccionada corresponde a la cuenca hidrográfica del Guayas que tiene una extensión de 32216, 69 km<sup>2</sup>, forma parte de la vertiente del Pacífico, se origina de las estribaciones de la cordillera de los Andes y en la vertiente oriental de la cordillera Chongón Colonche donde convergen los ríos Daule y Babahoyo dando origen al río Guayas para desembocar en el golfo de Guayaquil, esta cuenca llega a abarcar demográficamente varias provincias tales como: Guayas, Los Ríos, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Cotopaxi, Manabí y Santo Domingo (Luis et al., 2025).

En la cuenca alta y media del Guayas se identifica la presencia de arenas, gravas, limos y en la parte baja predominan los suelos blandos como los manglares y salitrales. Respecto al clima de la cuenca hidrográfica Guayas, presenta temperaturas variadas ya que converge la costa y parte de la sierra, ya que se ve influenciada por el Océano Pacífico, por el clima del Caribe y la Región Amazónica (Marín Nieto, 2011).

Para delimitar el área de estudio como se muestra en la Figura 1, fue necesario recopilar información correspondiente a los ríos, geología, hidrogeología, litología, curvas de nivel, pozos provenientes de cartas cartográfica o de los formatos “*shapefile*” disponibles en el Geoportal del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, (SIGTIERRAS, 2026) , del Instituto Geográfico Militar Ecuador, (IGM, 2026) y del catálogo de metadatos del Ministerio de Ambiente y Energía (MAE,2026). Para el procesamiento de los datos se utilizó el software ArcGIS versión 10.8 (Esri, Redlands, CA, EE. UU).

**Figura 1**  
*Delimitación del área de estudio*



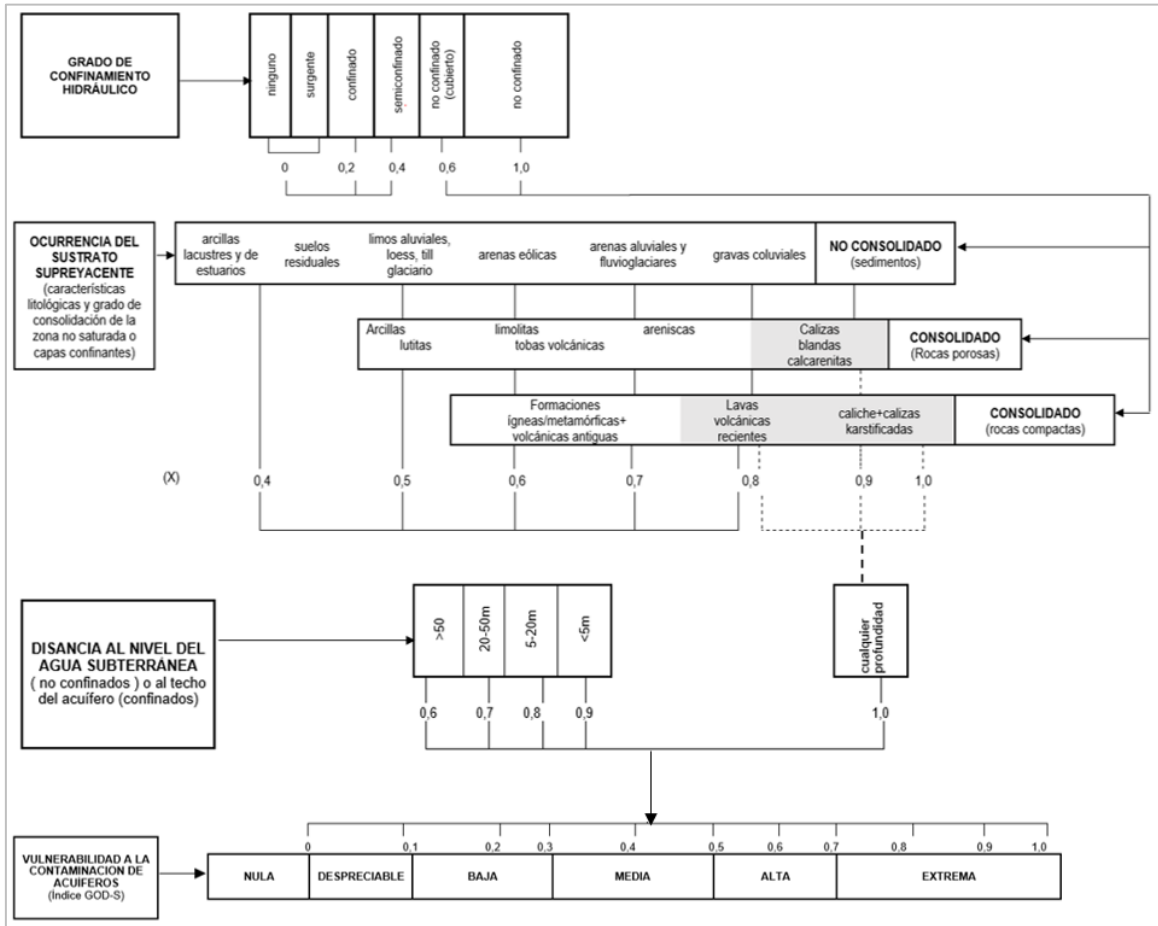
## 2.2 Descripción del Método GOD-S

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación de la cuenca hidrográfica del Guayas se determinó aplicando el método GOD-S (Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater) desarrollada por Foster e Hirata en 1988 y su modificado del método propuesto por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad de Chile, que incorpora el parámetro S correspondiente a la capacidad que tienen los suelos para detener la contaminación (Stephen Foster et al., 2002). Para su aplicación se necesitó recopilar información del grado de confinamiento hidráulico (G) de la cuenca hidrográfica Guayas que está directamente relacionado con el tipo de acuífero presente en el área de estudio, la ocurrencia del estrato suprayacente (O) que corresponde a la litología del sitio, la distancia del nivel freático (D) o profundidad

de la superficie al agua subterránea y la información del tipo de suelo (S). Consecutivamente se realizó la asignación de los índices a cada parámetro tal como se muestran en la Figura 2 y Figura 3, y por último se procedió a realizar la multiplicación de todos los parámetros ( $G \cdot D \cdot O \cdot D \cdot S$ ) teniendo como resultado un mapa de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

**Figura 2**

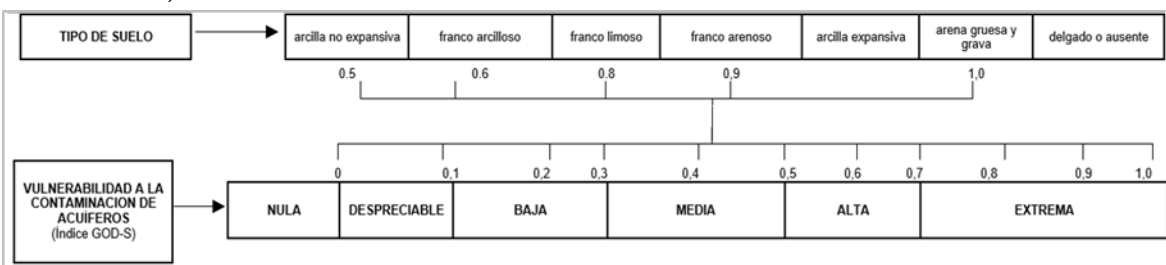
*Método GOD para la determinación de la vulnerabilidad del acuífero*



*Nota:* Tomado del Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencia ambientales (p. 26), por Stephen; Foster et al. (2002)

**Figura 3**

*Parámetro S, modificado del método GOD*



*Nota:* Tomado de Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencia ambientales (p. 29), por Stephen; Foster et al. (2002)

### 2.3 Obtención de shapefiles y asignación de valores

Parámetro G (confinamiento hidráulico o tipo de acuífero). Para el análisis se utilizó la información del mapa hidrogeológico Ecuador (1983), escala 1:1000000 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (INAHMI, 2026) y el mapa hidrogeológico del Ecuador (2012), escala 1:250.000 de la Secretaría Nacional del Agua, se asignó el índice (Tabla 1) y posteriormente se convirtió el polígono en formato “*raster*”.

**Tabla 1**  
*Índices del Parámetro G para la cuenca hidrográfica Guayas*

Tipo de Acuífero	Unidad	Permeabilidad	Índice de (0-1)
No confinado	Terrazas aluviales	Alta	1
Semiconfinados	Conglomerados, areniscas con niveles calcáreos, tobas, areniscas, limos, arcillas	Media	0.4
Confinados	rocas graníticas como andesitas, dasitas, rocas volcánicas, riolitas, andesitas porfíricas, rocas metamórficas, basaltos, arcillas arenosas y arcillas laminadas, lavas	Baja y Nula	0.2

*Nota:* Los índices fueron seleccionados en base a la escala del método GOD-S de Foster et al., (2002)

*Parámetro O (Ocurrencia del Estrato suprayacente.* Se utilizaron los datos litológicos de shapefiles del sistema hidrogeológico del Ecuador de la Secretaría Nacional del Agua (2012), escala 1:250.000, se asignó los índices (Tabla 2) y se convirtió el polígono en “*raster*”.

**Tabla 2**  
*Índices del Parámetro O para la cuenca hidrográfica Guayas*

Litología	Índice de (0-1)
Gravas coluviales, terrazas indiferenciadas, terrazas aluviales	0.8-0.9
Limolitas, tobas volcánicas, formaciones ígneas, metamórficas, volcánicas antiguas, intrusivas, rocas graníticas indiferenciadas, areniscas	0.6-0.7
limos aluviales, arcillas, lutitas, suelos residuales	0.4-0.5

*Nota:* Los índices fueron seleccionados en base a la escala del método GOD-S de Foster et al., (2002)

*Parámetro D (Distancia al nivel del agua subterránea).* Para obtener la distancia al nivel del agua subterránea, se utilizó la información de los niveles estáticos del “*shapefile*” en formato puntos de los pozos de agua de la Secretaria Nacional del

Agua (2012), donde se asignó el valor de índice (Tabla 3) para finalmente realizar una interpolación mediante el método distancia inversa ponderada (IDW).

**Tabla 3**  
*Índices del Parámetro D para la cuenca hidrográfica Guayas*

Niveles estáticos	Índice de (0-1)
<5 m	0.9
5-50 m	0.7
>50 m	0.6

*Nota:* Los índices fueron seleccionados en base a la escala del método GOD-S de Stephen; Foster et al. (2002)

*Parámetro S (Tipo de suelo).* Se obtuvo información del tipo de suelo a partir del “*shapefile*” de la geopedología del Ecuador escala 1:25.000 elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2015), se le asignó el valor correspondiente de la Tabla 4 y se convirtió el polígono en formato “*raster*”.

**Tabla 4**  
*Índices del Parámetro D para la cuenca hidrográfica Guayas*

Tipo de Suelo	Índice de (0-1)
Arena gruesa y grava	1
Franco arcillosos y franco limosos	0.6-0.8
Arcillosos	0.4

*Nota:* Los índices fueron seleccionados en base a la escala del método GOD-S de Stephen; Foster et al. (2002)

#### 2.4 Superposición de las capas

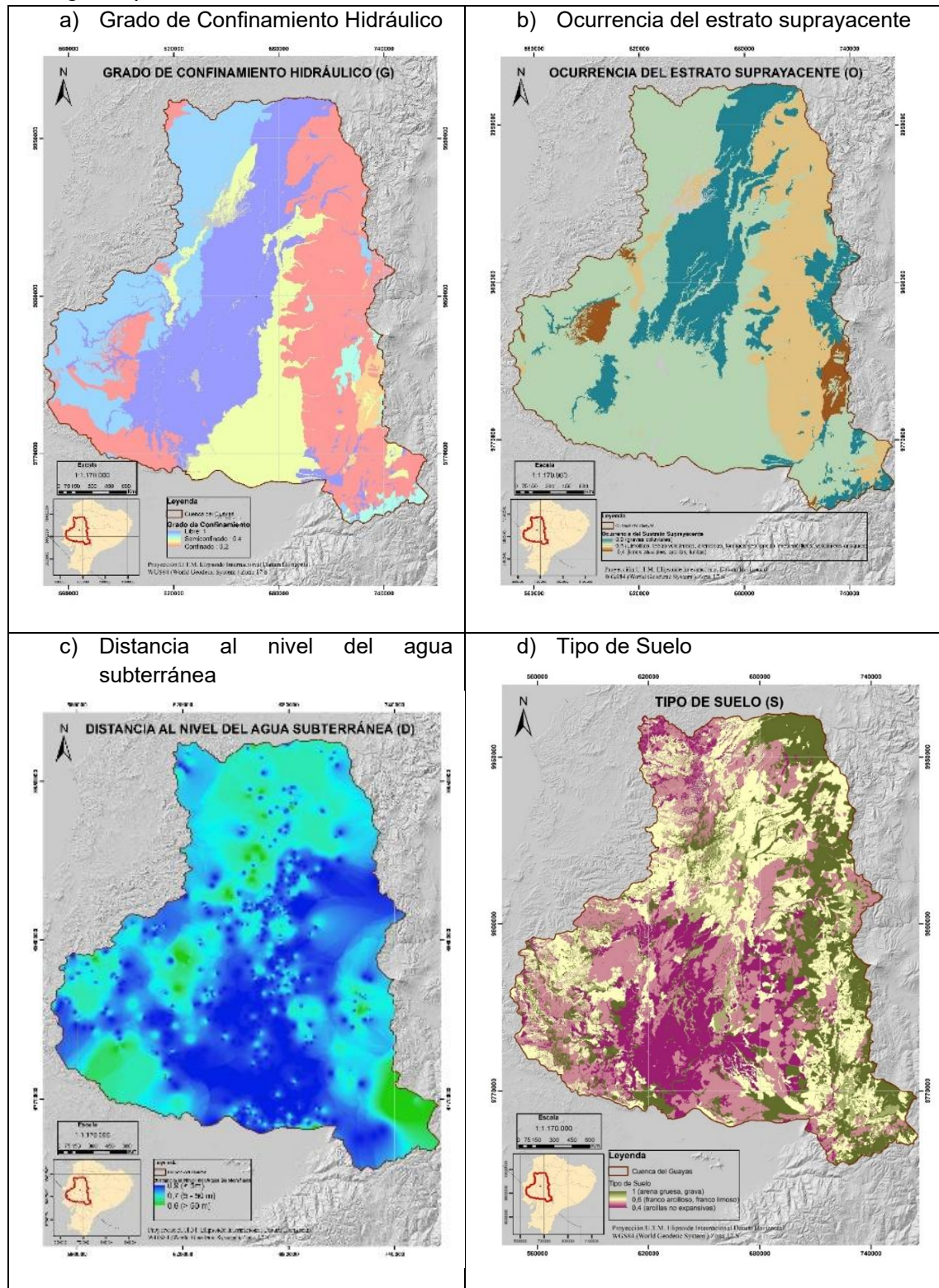
Una vez obtenidas las capas *raster* de cada parámetro GOD-S, se procedió a integrar todas las capas con la ayuda de la herramienta “*Map Algebra*”, de la extensión “*Spatial Analyst Tools*”, donde se obtuvo como resultado un “*raster*” del índice de vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica del Guayas.

### 3. Resultados

A través del procesamiento de datos, se obtuvo el mapa de grado de confinamiento hidráulico (Figura 4a), en el que se visualizó la presencia de los tres tipos de confinamiento (libre, semiconfinado y confinado) con ponderaciones que van desde 0.2 hasta 1.0, por otra parte en el mapa de ocurrencia del estrato suprayacente (Figura 4b) se visualizó las ponderaciones que van desde 0.4 hasta 0.9 correspondiente a las características litológicas del grado de consolidación de las zonas saturadas y confinantes. En el mapa de distancia de nivel de agua subterránea (Figura 4c) se obtuvo ponderaciones de 0.6 hasta 0.9 como

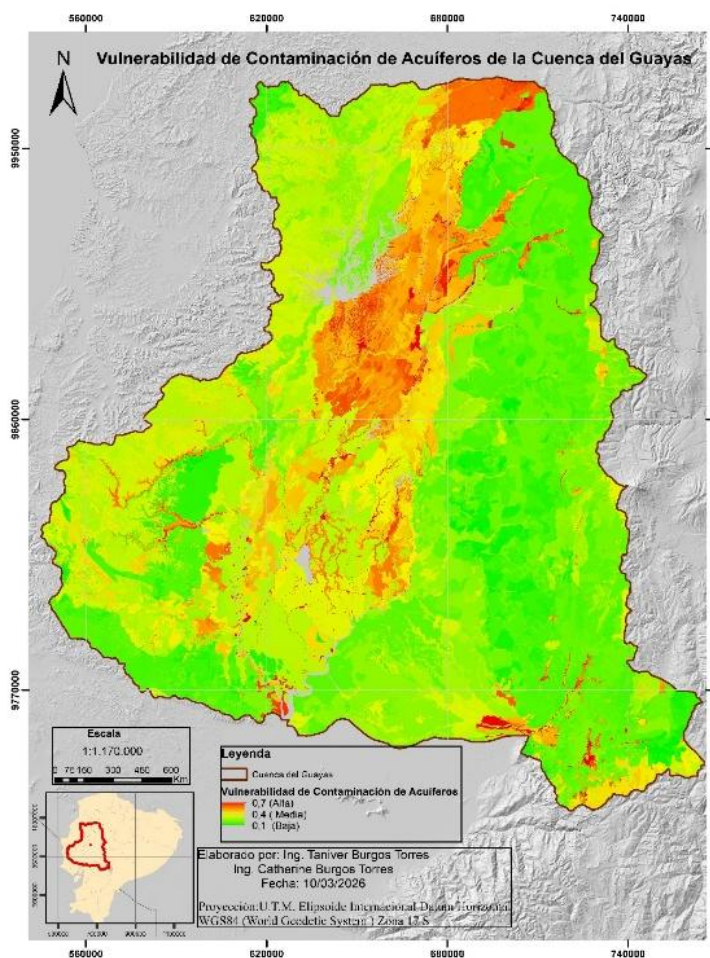
resultado de la reclasificación de los niveles estáticos y finalmente en el mapa de tipo de suelo (Figura 4d) se obtuvo las ponderaciones de 0.4 hasta 1.0 correspondiente a las conformaciones de suelos franco arcilloso, franco limoso y arcillas no expansivas de la cuenca hidrográfica Guayas.

**Figura 4**  
*Cartografía parámetros del método GOD-S*



De la superposición de las capas “raster” se obtuvieron tres niveles de vulnerabilidad de contaminación de acuíferos: alta, media y baja (Figura 5). En donde se evidenció que existe una mayor susceptibilidad a la contaminación en la cuenca media del Guayas con rangos de vulnerabilidad de media a alta correspondiente a ponderaciones de 0.4 hasta 0.7, en la cuenca baja del Guayas predominan rangos de vulnerabilidad que van de baja a media con ponderaciones de 0.1 hasta 0.4 y en la cuenca alta del Guayas se visualiza de forma generalizada el rango de vulnerabilidad baja con ponderación de 0.1.

**Figura 5**  
*Vulnerabilidad de contaminación de Acuíferos de la Cuenca del Guayas*



Con la cartografía de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación se identificaron los cantones de la cuenca hidrográfica del Guayas que presentaron dentro de su territorio vulnerabilidad alta, media y baja.

**Tabla 5**  
*Vulnerabilidad del acuífero a la contaminación de la Cuenca hidrográfica del Guayas por cantón*

Región	Provincia	Cantón	Alta	Media	Baja
Costa	Manabí	Chone		X	X
Sierra	Pichincha	Santo Domingo	X	X	X
Costa	Manabí	Flavio Alfaro		X	X

Costa	Manabí	El Carmen	X	X	X
Sierra	Cotopaxi	Sigchos		X	X
Costa	Manabí	El Carmen		X	X
Costa	Los Ríos	Buena Fe	X	X	
Costa	Los Ríos	Valencia	X	X	X
Sierra	Cotopaxi	La Mana	X	X	X
Costa	Manabí	Pichincha		X	X
Sierra	Cotopaxi	Pujilí	x	X	X
Costa	Guayas	El Empalme	x	X	X
Costa	Los Ríos	Quevedo	x	X	X
Costa	Los Ríos	Ventanas	x	X	X
Sierra	Cotopaxi	Pangua		x	X
Costa	Manabí	Santa Ana	X	X	X
Costa	Los Ríos	Mocache	X	x	
Costa	Guayas	Balzar	x	X	X
Costa	Los Ríos	Palenque	X	X	X
Sierra	Bolívar	Las Naves		X	X
Costa	Manabí	24 de Mayo	X	X	X
Costa	Manabí	Olmedo	X	X	X
Costa	Los Ríos	Vinces	X	X	X
Costa	Guayas	Colimes	X	X	X
Sierra	Bolívar	Echeandia		X	X
Costa	Los Ríos	Puebloviejo	X	X	
Costa	Los Ríos	Baba	X	X	X
Costa	Manabí	Paján	X	X	X
Costa	Los Ríos	Urdaneta		X	X
Sierra	Bolívar	Caluma		X	X
Costa	Guayas	Palestina	X	X	X
Sierra	Bolívar	Chimbo		X	X
Costa	Los Ríos	Babahoyo	X	X	X
Costa	Guayas	Santa Lucía	X	X	X
Costa	Guayas	Pedro Carbo		X	X
Costa	Guayas	Salitre	X	X	
Sierra	Chimborazo	Colta		X	X
Costa	Los Ríos	Montalvo	X	X	
Sierra	Bolívar	San Miguel	X	X	X
Costa	Guayas	Isidro Ayora	X	X	X
Costa	Guayas	Lomas de Sargentillo	X	X	X
Costa	Guayas	Daule	X	X	X
Sierra	Chimborazo	Guamote		X	X
Sierra	Bolívar	Chillanes	X	X	X
Costa	Guayas	Samborondón	X	X	X
Costa	Guayas	Nobol	X	X	X
Costa	Guayas	Alfredo Baquerizo Moreno		X	X
Sierra	Chimborazo	Pallatanga	X	X	X
Costa	Guayas	San Jacinto de Yaguachi		X	X

Costa	Guayas	Simón Bolívar		X	X
Costa	Guayas	Milagro		X	X
Sierra	Chimborazo	Alausí	X	X	X
Costa	Guayas	Naranjito		X	X
Costa	Guayas	Gnral. Antonio Elizalde	X	X	X
Sierra	Chimborazo	Cumanda	X	X	X
Costa	Guayas	Crnel. Marcelino Maridueña	X	X	X
Costa	Guayas	El Triunfo	X	X	X
Sierra	Cañar	Cañar	X	X	X
Sierra	Chimborazo	Chunchi	X	X	X
Costa	Manabí	Jipijapa		X	X
Sierra	Bolívar	Guaranda	X	X	X
Sierra	Chimborazo	Riobamba		X	X
Costa	Guayas	Guayaquil	X	X	X
Costa	Guayas	Durán		X	X

*Nota:* El símbolo X significa que existe el atributo dentro el área geográfica del cantón

#### 4. Discusión

Con la aplicación del método GOD-S para la obtención de la vulnerabilidad del Acuífero a la contaminación, se pudo evidenciar que en la cuenca hidrográfica Guayas existen acuíferos que presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación, los mismos que se encuentran distribuidos en 42 cantones del área de estudio, esto supone que durante la aplicación del método obtuvieron ponderaciones con niveles altos. Por otra parte, el mapa de vulnerabilidad (Figura 5) demuestra que existe una vulnerabilidad media a la contaminación del acuífero distribuida espacialmente en 64 cantones que se encuentran dentro de la cuenca hidrográfica del Guayas, esto es debido a los rangos moderados obtenidos en cada parámetro GOD-S, lo que explica que en estas áreas existen acuíferos con características hidrogeológicas suficientes para atenuar la contaminación. Por último, los resultados nos demuestran que existen áreas en la cuenca hidrográfica Guayas que presentan una vulnerabilidad baja a la contaminación y que se encuentran distribuidos geográficamente en 59 cantones, estas áreas cuentan con múltiples propiedades hidrogeológicas para evitar que el contaminante llegue a la zona saturada del acuífero.

A nivel espacial el mapa de vulnerabilidad del acuífero de la cuenca hidrográfica Guayas, nos indica que en su cuenca alta predomina el rango de vulnerabilidad baja, en la cuenca media predominan los rangos de vulnerabilidad media a alta y en la cuenca baja predomina el rango de vulnerabilidad de baja a media, esto nos brinda un esquema general del riesgo de la contaminación que pueden llegar a sufrir las aguas subterráneas, sin embargo, el uso de esta metodología implica que pueda llegar a tener resultados homogéneos a nivel territorial por las mismas restricciones del método GOD-S tal como lo expresa Viglianchino et al (2023) en su estudio, sin embargo, hay que tener claro que el uso los mapas de vulnerabilidad se encuentran diseñados para brindar herramientas para crear

políticas de protección del agua subterránea tal como lo indica Foster et al (2002) y constituye un primer paso para la planificación y desarrollo económico (Koesuma et al., 2019) esto no elimina la necesidad de contar con estudios detallados de muestro y monitoreo que estén aterrizados a unidades geográficas reducidas, si no que el presente mapa de vulnerabilidad corresponde a un insumo que puede ser utilizado por los reguladores del territorio (Municipios, Prefecturas, Ministerios) para la toma de decisiones en la protección de recursos hídricos y la gestión del uso del suelo. Hay que considerar que el método GOD-S utiliza una base de datos que requieren revisiones periódicas y que puede presentar una variabilidad espacial y problemas de escalas asociados que podría generar incertidumbres significativas (Fannakh & Farsang, 2022), por lo que se recomienda actualizar el mapa de vulnerabilidad del acuífero de la cuenca hidrográfica del Guayas una vez se disponga de nuevos cambios, con el fin de mejorar el nivel de precisión de la información obtenida.

## 5. Conclusiones

El mapa de la vulnerabilidad del acuífero en la cuenca hidrográfica Guayas es una herramienta para la protección y manejo sostenible de las aguas subterráneas. La determinación de la vulnerabilidad se realizó mediante el método GOD-S cuyos resultados demostraron que en la cuenca hidrográfica Guayas existen 3 niveles de vulnerabilidad alto, medio y bajo.

La categoría de vulnerabilidad alta en la cuenca hidrográfica Guayas se encuentra distribuida espacialmente en 42 cantones, la categoría de vulnerabilidad media se encuentra distribuida en 64 cantones y la categoría de vulnerabilidad baja se encuentra distribuido geográficamente en 59 cantones.

La litología juega un papel muy importante en el cálculo de la vulnerabilidad, debido a que se evidencia que las zonas con materiales altamente permeables en la llanura costera, presentan los índices de vulnerabilidad más altos lo que conlleva a que contaminantes puedan afectar rápidamente al acuífero. A diferencia de las áreas de la cordillera occidental que presentan una menor vulnerabilidad debido a su geología, litología, permeabilidad, lo que dificulta a la contaminación de los acuíferos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son de alto impacto para los tomadores de decisiones, lo que contribuye a la adecuada gestión de los recursos hídricos y uso del suelo, siendo una de las primeras investigaciones de este tipo que se realiza en toda la cuenca hidrográfica Guayas, por lo que el material cartográfico generado sobre la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación de la cuenca hidrográfica Guayas queda a disposición de toda la población.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, B.T.T.F.; metodología, B.T.T.F.; análisis formal, B.T.T.F. y B.T.C.A; investigación, B.T.T.F.; recursos, B.T.T.F. y B.T.C.A; redacción del borrador original, B.T.T.F. y B.T.C.A;

redacción, revisión y edición, B.T.T.F. y B.T.C.A.; visualización, B.T.T.F.; supervisión, B.T.T.F. Todas las autoras han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Esta investigación no recibió financiación externa.

**Agradecimientos:** Mi gratitud hacia mi familia y amigos por su apoyo constante para la superación de los desafíos de esta investigación.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: [tfburgos@uagraria.edu.ec](mailto:tfburgos@uagraria.edu.ec)

**Conflicto de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Referencias Bibliográficas

- Berwanger, G., Reginato, P. A. R., & Vieiro, A. P. (2025). Evaluación hidrogeológica de acuíferos costeros en áreas de cuencas de infiltración en el sur de Brasil[Avaliação hidrogeológica de aquíferos costeiros em áreas de bacias de infiltração no sul do Brasil]. *Aguas Subterráneas*, 39(1). <https://doi.org/10.14295/ras.v39i1.30276>
- Campoverde Muñoz, P., Aguilar Salas, L., Romero Crespo, P., Valverde Armas, P. E., Villamar Marazita, K., Jiménez Oyola, S., & Garcés León, D. (2023). Risk Assessment of Groundwater Contamination in the Gala, Tenguel, and Siete River Basins, Ponce Enriquez Mining Area—Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010403>
- Deknock, A., De Troyer, N., Houbraken, M., Dominguez-Granda, L., Nolivos, I., Van Echelpoel, W., Forio, M. A. E., Spanoghe, P., & Goethals, P. (2019). Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of The Total Environment*, 646, 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>
- Fannakh, A., & Farsang, A. (2022). *DRASTIC, GOD, and SI approaches for assessing groundwater vulnerability to pollution: a review*. 34, 77. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00646-8>
- Foster, Stephen; Hirata, R., Gomes, D., & D'; (2002, July 1). *Protección de la calidad del agua subterránea: Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/229001468205159997>
- Foster, Stephen, Hirata, R., Gomes, D., D'elia, M., & Paris, M. (2002). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea*. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/229001468205159997>
- Instituto Geográfico Militar Ecuador. (2018). *Geoportal Ecuador*. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

- Jarrín, A. E., Salazar, J. G., & Mestre, M. M. F. (2017). Avaliação do risco à contaminação dos aquíferos da reserva biológica de limoncocha, amazônia equatoriana. *Revista Ambiente e Agua*, 12(4), 652–665. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2030>
- Koesuma, S., Rosidah, U., Handono Ramelan, A., Tyas Sukmawati Rukmana, B., Sulistyana Bargawa, W., & Agung Cahyadi, T. (2019). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Assessment of Groundwater Vulnerability Using GOD Method You may also like Groundwater vulnerability assessment and mapping in shallow groundwater K Aribowo, W Wilopo and D H Barianto-Groundwater Vul....* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/477/1/012020>
- López, \*, Stephanya, V., Salto, A. Del, & Alberto, R. (2016). Análisis de vulnerabilidad a la contaminación en los acuíferos de la unidad hidrogeológica Huaquillas. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 2(2), 77–84. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.892>
- López Álvarez, B. (2021). Agua subterránea, un recurso oculto: El caso del acuífero del Valle de San Luis Potosí. *Argumentos Estudios Críticos de La Sociedad*, 2021(95), 15–32. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202195-01>
- Luis, J., Marcillo, M., Jamileth, N., & Zhunaula, V. (2025). Servicios ecosistémicos de las cuencas hidrográficas: Caso Cuenca del Guayas, Ecuador: Ecosystem services of watersheds: The case of the Guayas Basin, Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(5), 3169-3185–3169 – 3185. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4807>
- Magallanes, S. T. T., Yugsi, E. R. C., Reyes, A. E. A., & Boada, M. E. V. (2025). Situación Actual del Agua Subterránea en el Ecuador: Análisis al Reporte de Pruebas de Bombeo 2016 a 2023. *Revista Científica Élite*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.69603/itsqmet.vol7.n1.2025.100>
- Marín Nieto, L. (2011). El antiguo mar de Guayaquil. La Cuenca del río Guayas. *Revista Universidad de Guayaquil*, 110(1), 5–12. <https://doi.org/10.53591/rug.v110i1.415>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2015). *Catálogo de Metadatos de Sigtierras*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2026). *Metadatos del Ministerio de Ambiente y Energía*. [http://ide.ambiente.gob.ec:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search?resultType=details&sortBy=relevance&from=1&to=100&fast=index&content\\_type=json](http://ide.ambiente.gob.ec:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search?resultType=details&sortBy=relevance&from=1&to=100&fast=index&content_type=json)
- Naciones Unidas. (2022, March 21). *Las aguas subterráneas pueden ser la solución a las crisis hídricas si se gestionan correctamente | Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2022/03/1505842>
- Rey, M. (2025). *Hidrogeología de la cadena de médanos continentales del sector septentrional del partido de Villarino, en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires*. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/7349>
- Reynolds Vargas, J. (2002). *Manejo Integrado de aguas-subterráneas un reto para el futuro* (Editorial Universidad Estatal a Distancia (Ed.); Primera).

[https://books.google.com/sv/books?id=1tHLuRaqBzEC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/sv/books?id=1tHLuRaqBzEC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*. (n.d.). Retrieved March 15, 2026, from <http://www.sigtierras.gob.ec/geoportal/>
- Solís Sosa, B. (2023). Aguas subterráneas en América Latina y el Caribe: políticas y experiencias para la gestión y conservación de los acuíferos. *Groundwater in Latin America and the Caribbean: Policies and Experiences for Managing and Preserving Aquifers*. <https://doi.org/10.18235/0004871>
- Trujillo, M. G., Tejera, R. G., Silveira, M. T. D., & Cádiz, C. R. G. (2023). The impact of land use on the vulnerability of an aquifer in the San Juan watershed, Cuba. *Agua y Territorio*, 21, 21–35. <https://doi.org/10.17561/AT.21.6263>
- United States Environmental Protection Agency. (2025, July 21). *Posibles contaminantes del agua de pozo y sus impactos | Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.* <https://www.epa.gov/privatewells/potential-well-water-contaminants-and-their-impacts>
- Viglianchino, L. E., Grondona, S. I., Bedmar, F., Angelini, H. P., Massone, H. E., Viglianchino, L. E., Grondona, S. I., Bedmar, F., Angelini, H. P., & Massone, H. E. (2023). El mapa de vulnerabilidad del acuífero como instrumento de prevención de la contaminación del agua en áreas agrícolas. La cuenca del Arroyo de los Padres (Partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y Al Ambiente*, 50, 128–136. <https://doi.org/10.59069/24225703e011>
- Zambrano, L., Navarrete, D., Arce, Á., Chila, M., Medina, K., & Centanaro, A. (2024). *Vista de Evaluación de la calidad del agua subterránea para uso agrícola en Balzar, provincia del Guayas, Ecuador | Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. 6. [https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v42.n2.07](https://doi.org/https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v42.n2.07)