

# METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y LA AMENAZA

Facultad de Ingenierías

Luna Amaya Acuña  
Carol Torres Rodríguez  
Olga Lucía Borda Prada  
Ariel Fabricio Guerrero Rodríguez

N.º **ININ2/2025**



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia



## Resumen

La gestión del recurso hídrico busca garantizar la sostenibilidad de las comunidades al identificar y controlar los eventos que pueden poner en riesgo las redes de agua. A nivel global, este proceso ha servido para abordar problemas de cobertura en áreas rurales y urbanas, controlar los efectos del cambio climático en las enfermedades transmitidas por el agua y priorizar el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.1, que promueve el acceso a agua segura y libre de contaminantes (ONU, 2015). La distribución de agua potable es un pilar de la sostenibilidad, ya que permite a nivel local y regional formular y ejecutar planes y estrategias para gestionar riesgos. Para ello, los conceptos clave en esta gestión son:

- Amenaza: Un evento peligroso de origen natural o humano que puede dañar infraestructura, vidas o servicios.
- Vulnerabilidad: La exposición de elementos como personas, ecosistemas e infraestructura a una amenaza.
- Riesgo: El impacto o el daño medido sobre los elementos expuestos.

## Palabras clave

amenaza, gestión del riesgo, sostenibilidad, vulnerabilidad.

## Abstract

Water resource management seeks to ensure the sustainability of communities by identifying and controlling events that may put water networks at risk. Globally, this process has served to address coverage issues in rural and urban areas, control the effects of climate change on waterborne diseases, and prioritize compliance with Sustainable Development Goal 6.1, which promotes access to safe and contaminant-free water (UN, 2015). Drinking water distribution is a pillar of sustainability, as it enables local and regional authorities to formulate and implement plans and strategies for risk management. To this end, the key concepts in this management are:

- Threat: A dangerous event of natural or human origin that can damage infrastructure, lives, or services.
- Vulnerability: The exposure of elements such as people, ecosystems, and infrastructure to a threat.
- Risk: The measured impact or damage to exposed elements.

## Keywords

risk management, sustainability, threat, vulnerability.

### Cómo citar / How to cite?:

Amaya Acuña, L., Torres Rodríguez, C., Borda Prada, O. L. y Guerrero Rodríguez, A. F. (2025). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y la amenaza [documento de trabajo n.º ININ2]. Universidad La Gran Colombia. <https://hdl.handle.net/11396/8940>

# 1. Introducción

En este contexto, se llevó a cabo una investigación para crear un modelo de gestión hídrica basado en la medición de estos tres conceptos. La problemática surge de una red de abastecimiento regional en Cundinamarca, Colombia, que provee agua a unas 270,000 personas. El problema identificado es que la red no tiene mapas de riesgo actualizados, lo que dificulta la toma de decisiones sobre la calidad del agua.

# 2. Metodología

La problemática descrita se estructuró mediante dos fases: fase 1. Evaluación de la vulnerabilidad; y fase 2. Evaluación de la amenaza.

## Fase 1. Evaluación de la vulnerabilidad

Se implementó la metodología del índice de GOD. El índice de vulnerabilidad de GOD ( $I_{GOD}$ ) se calculó mediante el producto de la asignación de índices (valores entre 0 y 1) a cada uno de los tres parámetros (tabla 1):

$$\text{Índice de Vulnerabilidad}(I_{GOD}) = G \times O \times D$$

### Ecuación 1. Índice de Vulnerabilidad.

Tabla 1. parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad.

Parámetro	Acrónimo	Descripción
Ocurrencia del Agua Subterránea (Groundwater Occurrence)	G	Caracteriza la condición de confinamiento hidráulico del acuífero (libre, semiconfinado o confinado). Este factor representa el grado de inaccesibilidad hidráulica para el contaminante.
Clase General del Acuífero (Overall Aquifer Class)	O	Se refiere a la litología de la zona no saturada (el material suprayacente que el contaminante debe atravesar antes de llegar al acuífero). Evalúa el grado de consolidación y las características litológicas, lo que refleja indirectamente la capacidad de atenuación del medio (porosidad, permeabilidad, etc.).
Profundidad del Nivel Freático (Depth to Groundwater)	D	Es la profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado. Una mayor profundidad implica un mayor tiempo de recorrido y una mayor oportunidad de atenuación para el contaminante, reduciendo la vulnerabilidad.

Fuente: adaptado de Foster & Hirata (1988)

A cada parámetro (G.O.D) se le asigna un valor numérico predefinido (índice) que varía entre 0 y 1. El resultado de la multiplicación ( $I_{GOD}$ ) es un índice que también oscila entre 0 y 1, y tal como se muestra en la tabla 2, se clasifica en rangos para determinar el grado de vulnerabilidad del acuífero:

Tabla 2. Escalas para la evaluación de la vulnerabilidad.

Rango del Índice IGOD	Clasificación de Vulnerabilidad
< 0.1	Muy Baja
0.1 - 0.3	Baja
0.3 - 0.5	Moderada
0.5 - 0.7	Alta
> 0.7	Extrema

Fuente: adaptado de Foster & Hirata (1988).

## Fase 2. Evaluación de la amenaza

A partir de la evaluación de la vulnerabilidad se clasificó el potencial de generación de carga contaminante al subsuelo a partir de las actividades humanas en el área de estudio. Se basa en dos características fácilmente estimables de la fuente contaminante. Así, se diferenció el tipo de (industrial, agrícola, urbana y minera, principalmente) y la naturaleza de los contaminantes potenciales que genera, con lo cual se mapeo el área según las fuentes mencionadas.

## 3. Resultados

Basados en información existente (CAR, 2015) la evaluación de la vulnerabilidad y la amenaza se basó a partir de unidades relacionadas con el uso del suelo, los resultados se presentan en la figura 1.

Figura 1. Datos asociados a la vulnerabilidad.



Fuente: tomado de Borda-Prada et al. (2021).

A partir de los datos de vulnerabilidad encontrados se determinó la amenaza, encontrándose el mayor índice en pastos, seguido de cultivos (figura 2).

Figura 2. Datos asociados a la amenaza.

Uso del Suelo	Área (Ha)	Frecuencia	Potencial de daño	Amenaza
Vegetación de paramo	3645,11	BAJA	BAJA	BAJA
Bosques Naturales	3591,399	BAJA	BAJA	BAJA
Cobertura Boscosa	559,467	BAJA	BAJA	BAJA
Plantaciones Forestales	2268,931	BAJA	BAJA	BAJA
Cultivos	9978,457	ALTA	ALTA	ALTA
Invernaderos	15,366	MEDIA	ALTA	ALTA
Pastos	22009,205	ALTA	ALTA	ALTA
mapa de uso de suelo de la zona de la	1595,362	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Cuerpos de agua	866,869	BAJA	BAJA	BAJA
Área urbana	75,578	ALTA	ALTA	ALTA

Fuente: tomado de Borda-Prada et al. (2021).

## 4. Conclusiones

- La metodología de GOD, presentó varias ventajas ya que requiere un número reducido de variables y datos geohidrológicos, lo que facilita su aplicación en estudios preliminares o en áreas con información limitada.

- Desde el ámbito académico, la investigación aportó datos cruciales para actualizar los mapas de riesgo existentes, incluyendo:
- La valoración de las características de las amenazas y las vulnerabilidades.
- Una evaluación del riesgo de cáncer asociado a ciertos contaminantes de los procesos de cloración.
- Mapas detallados de la red de abastecimiento que muestran las zonas de vulnerabilidad y amenaza, especialmente en relación con el uso del suelo.

## 5. Referencias

Borda-Prada, O. L., Moreno-Merchán, A. C., Guerrero-Rodríguez, A. F. (2021). Caracterización de los factores de amenaza y vulnerabilidad en la subcuenca del río Neusa, departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista Vínculos: Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 18(2).

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2016). *Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá Subcuenca río Alto Bogotá-2120-19, Subcuenca Río Neusa*. CAR.

Foster, S., & Hirata, R. (1988). *Groundwater pollution risk assessment: A methodology using available data*. World Bank.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sdgs.un.org/es/2030agendaB>



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia