

## **Zonificación de amenazas por movimientos en masa en el municipio de Curumaní – Cesar, aplicando herramientas de sistemas de información geográfica**

Richar Mejía Lara

Código:1065984526

Johony Álvarez Angulo

Código: 1118807877

rmejial@unadvirtual.edu.co

alvareza@unadvirtuel.edu.co

### **RESUMEN**

El empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para zonificar amenazas de movimientos en masa en Curumaní, Cesar, usa el método de Mora y Vahrson para gestionar riesgos y planificación urbana. Este artículo destaca la necesidad crucial de identificar y gestionar estas amenazas en áreas vulnerables.

La metodología empleada integra herramientas avanzadas de SIG para evaluar factores como pendiente, geología, cobertura vegetal, actividad sísmica y precipitación, resultando en mapas detallados por amenazas. Los resultados revelan áreas críticas, evidenciando la importancia de los SIG para la gestión del riesgo natural en entornos urbanos. La precisión y detalle proporcionados por los SIG permiten decisiones informadas y estratégicas para prevenir y mitigar pasos, salvaguardando vidas y activos.

### **INTRODUCCIÓN**

La zonificación de amenazas por movimientos en masa se ha convertido en un imperativo crucial para comunidades expuestas a riesgos

naturales, como es el caso del municipio de Curumaní en el departamento de Cesar, Colombia.

En esta región, la presencia de fenómenos como deslizamientos de tierra, avalanchas y otros eventos asociados demanda estrategias efectivas de identificación y gestión del riesgo.

La aplicación de métodos precisos y la integración de tecnologías especializadas se tornan esenciales en este contexto. En este sentido, el método de Mora y Vahrson han emergido como herramientas fundamentales para evaluar y zonificar estas amenazas. Este método, reconocido por su rigor y fiabilidad, proporcionan un marco sólido para analizar variables clave que inciden en la ocurrencia de movimientos en masa.

El departamento de Cesar, con su variada geografía y suelos susceptibles a estos eventos, ofrece un escenario propicio para la implementación de estrategias de zonificación de riesgos. Dentro de este contexto, Curumaní se destaca como un microcosmos representativo de los desafíos enfrentados por las comunidades en áreas de riesgo.

---

Además, los movimientos en masa alteran el paisaje natural, cambiando drásticamente la topografía de laderas y cuencas. Esto afecta los ecosistemas y hábitats de plantas y animales, fragmentando bosques y zonas de vegetación

También pueden ocurrir cambios en los cauces de ríos y quebradas, aumentando la sedimentación y turbidez de las aguas..

La integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) emerge como un catalizador significativo en este proceso, permitiendo la aplicación precisa del método de Mora y Vahrson a través de herramientas tecnológicas avanzadas. Los SIG posibilitan la manipulación y análisis de datos geospaciales, facilitando la identificación y delimitación de áreas vulnerables a movimientos en masa con una precisión y detalle inigualables.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Zonificar las áreas amenazadas por movimiento en masa en el municipio de Curumí – Cesar, aplicando herramientas de sistemas de información geográfica.

### **Objetivos específicos**

Aplicar el método de Mora y Vahrson para zonificar las áreas amenazadas por movimiento en masa.

Mapificar las áreas amenazadas por movimiento en masa utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

## **IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL O CASO DE ESTUDIO**

Los movimientos en masa como los deslizamientos de tierra generan graves problemas ambientales en el municipio de Curumaní. En primer lugar, estos fenómenos provocan la pérdida y degradación del suelo, un recurso esencial para actividades como la agricultura. Los deslizamientos remueven la capa superficial fértil del suelo, dejando suelos erosionados e improductivos.

## **METODOLOGÍA**

### **Materiales y métodos**

#### **Área de estudio**

Curumaní es un municipio ubicado en el departamento del Cesar, Colombia. Limita al norte con Chiriguaná, al este con Venezuela y El Carmen (Norte de Santander), al sur y oeste con Chimichagua. Tiene una población de 42,353 habitantes. La altitud media de Curumaní es de 112 metros sobre el nivel del mar.

El municipio se encuentra ubicado en la zona de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena, donde la precipitación oscila entre 900 y 1500 mm, y su bajo valor es debido a la acción secante de los vientos Alisios del noreste, que no encuentran obstáculos orográficos en estos sectores.

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Wikipedia

## Metodología Aplicada

### Método De Mora Y Vahrson

El Método de Mora y Vahrson es un procedimiento utilizado para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamientos. Este método se basa en la identificación de factores intrínsecos y externos que influyen en la susceptibilidad de una zona a los deslizamientos. Los factores intrínsecos incluyen la litología, la humedad del suelo y el relieve relativo, mientras que los factores externos incluyen la sismicidad y la lluvia. El método utiliza indicadores morfodinámicos para cada área, que pueden ser trabajados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para obtener un mapa de potencial a deslizamientos. (Román, 2018)

Este enfoque se basa en la identificación y análisis de diversas variables, como la pendiente del terreno, la geología subyacente, la cobertura vegetal, la infiltración del agua, entre otros factores relevantes.

Estas variables se evalúan y se les asigna un peso específico según su influencia en la generación de movimientos en masa. (Román, 2018)

El Método de Mora y Vahrson utiliza sistemas de puntuación o matrices para cuantificar y clasificar el grado de riesgo en diferentes áreas.

A través de la asignación de valores a cada variable y su posterior ponderación, se genera una evaluación integral que permite identificar las zonas más propensas a sufrir estos eventos. (Román, 2018)

La fortaleza de este método radica en su enfoque integral y multidisciplinario, ya que considera una amplia gama de factores que inciden en la ocurrencia de movimientos en masa. (Román, 2018)

A continuación, se describen a detalle los factores intrínsecos, externos (disparo) y la formula de cálculo del nivel de amenaza relativa.

#### Factores Intrínsecos:

**Pendiente:** La pendiente es un factor crítico en la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, ya que las laderas empinadas son más propensas a los deslizamientos de tierra, ya que la fuerza gravitatoria tiende a superar la resistencia del suelo a mantenerse en su lugar. (Formiga & Tarazona-Santabalbina, 2020)

Para la extracción del relieve relativo del municipio de Curumaní Cesar, se utilizó el Modelo Digital de Elevación (MDE) de Alos Palsar resolución 12.5.

**Geología:** La litología se refiere a la composición mineralógica y textural de las rocas y sedimentos que conforman el terreno. Los suelos poco cohesionados, como los limos y las arcillas, son más propensos a los movimientos de tierra que los suelos más compactos o rocosos. (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, s. f.)

Para la determinación de la geología del municipio de Curumaní Cesar, se utilizó el Atlas Geológico a escala 1:500.000 del Servicio Geológico Colombiano.

**Cobertura:** La cobertura vegetal se refiere a la cantidad y densidad de plantas que cubren el suelo. La cubierta vegetal es importante en la agricultura de conservación para proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, así como para mantener el suelo bajo sombra y con el más alto porcentaje de humedad posible. Además, la cobertura vegetal puede mejorar la estructura del suelo y romper las capas compactadas y las suelas de compactación, lo que reduce la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra. (Cobertura vegetal del suelo | Agricultura de Conservación | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s. f.)

Para la determinación de la cobertura del municipio de estudio, se utilizó como insumo el mapa de Cobertura Vegetal del IDEAM, 2018).

### **Factores Externos:**

**Actividad Sísmica:** La actividad sísmica se refiere a la vibración del suelo debido a la liberación de energía elástica de la ruptura de la roca dentro de la tierra o una explosión. (López et al., 2020)

Para la determinación de la actividad sísmica en la zona de estudio se utilizó el Mapa de Amenaza Sísmica del Servicio Geológico Colombiano.

**Precipitación:** La precipitación intensa puede saturar el suelo, debilitando la cohesión entre las partículas del suelo y reduciendo la fricción entre ellas, lo que facilita el deslizamiento. (Chacón, 2019)

La precipitación del municipio de Curumaní se extrajo del Mapa climático de Colombia IDEAM.

### **Calculo Nivel de Amenaza Relativa**

Para el calculo del nivel de amenaza relativa se utilizó la siguiente formula:

$$H = \text{SUSC} * \text{DISP}$$

$$H = (\text{Pend} * \text{Geo} * \text{Cob}) * (\text{Ts} + \text{Tp})$$

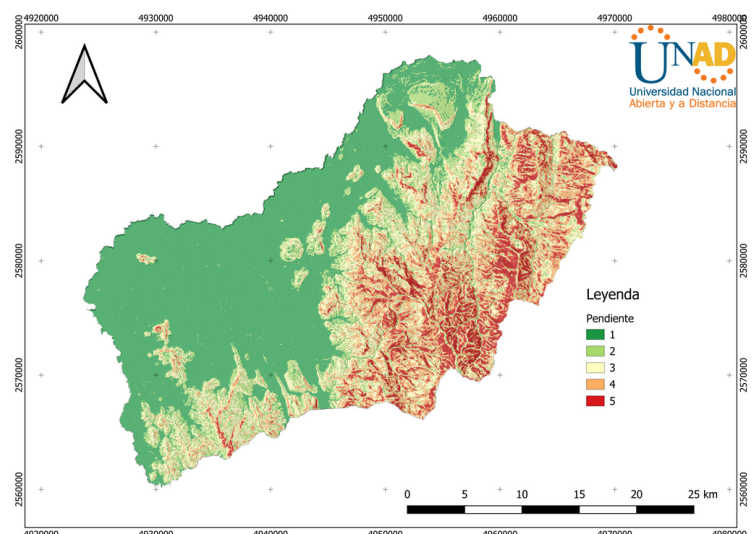
La amenaza relativa se calcula multiplicando los factores de susceptibilidad (SUSC) y los factores de disparo (DISP). Los factores de susceptibilidad incluyen la pendiente (Pend), la geología (Geo) y la cobertura vegetal (Cob). Los factores de disparo incluyen la actividad sísmica (Ts) y la precipitación (Tp).

### **RESULTADOS**

A continuación, se dan a conocer los resultados de cada variable (intrínseca y externa) para el área de estudio.

#### **Pendiente**

Figura 2. Pendiente del área de estudio

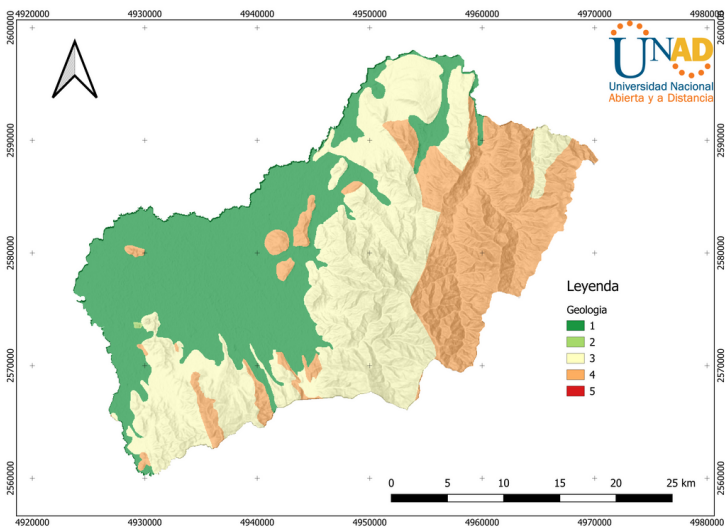


Fuente: Elaboración propia, 2023.

## Geología

En el municipio de Curumaní Cesar se evidencian depósitos aluviales y de llanuras aluviales y depósitos paludales de igual forma granodioritas que varían de sienogranitos a tonalitas y de cuarzo monzonitas a cuarzo monzodioritas, por otro lado, Cuarzoarenitas y arenitas feldespáticas de grano medio a conglomeráticas, y conglomerados, abanicos aluviales y depósitos coluviales y metalodolitas, metarenitas, metaconglomerados y mármoles, por último, calizas, lodolitas negras y margas, Cuarzoarenitas de grano fino y lodolitas arenosas, Cuarzoarenitas, arcillolitas, lodolitas grises y, ocasionalmente, calizas y conglomerados, arenitas, limolitas y calizas intercaladas con tobas, brechas, aglomerados y lavas riolíticas a andesíticas y Gneises cuarzo feldespáticos, migmatitas, granulitas, anfibolitas, ortogneises, cuarcitas y mármoles.

Figura 3. Geología del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2023.

## Cobertura Vegetal

En el municipio de Curumaní Cesar se evidenciaron 26 categorías nivel 3 de Cobertura Vegetal según la metodología de Corine Land Cover. Tal y como se relaciona en la Tabla y Figura a continuación.

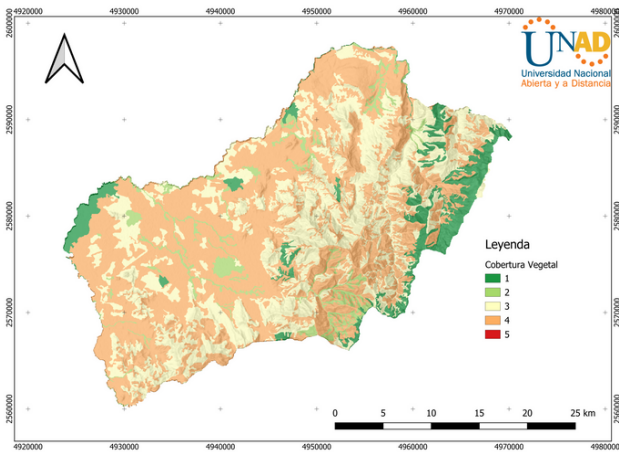
Tabla 1. Coberturas vegetales presentes en la zona de estudio

1.1.1. Tejido urbano continuo
1.1.2. Tejido urbano discontinuo
1.3.1. Zonas de extracción minera
2.1.1. Otros cultivos transitorios
2.1.2. Cereales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos
2.3.1. Pastos limpios
2.3.2. Pastos arbolados
2.3.3. Pastos enmalezados
2.4.1. Mosaico de cultivos
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
3.1.1. Bosque denso
3.1.2. Bosque abierto
3.1.3. Bosque fragmentado
3.1.4. Bosque de galería y ripario
3.2.1. Herbazal
3.2.2. Arbustal
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
3.3.4. Zonas quemadas
4.1.1. Zonas pantanosas
5.1.1. Ríos
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales

Fuente: Elaboración propia, 2023.

## CONCLUSIONES

Figura 4. Cobertura Vegetal del área de estudio

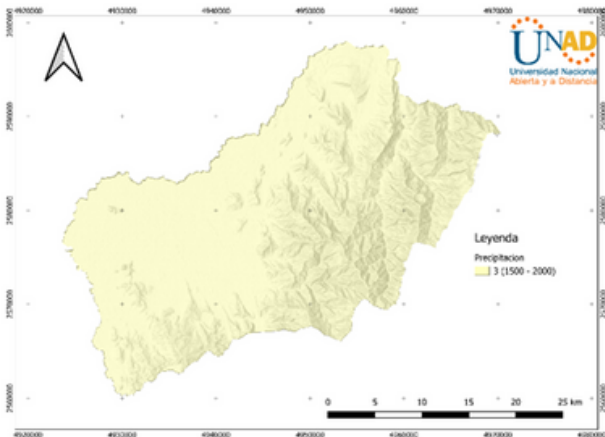


Fuente: Elaboración propia, 2023.

### Precipitación

Tal y como se relaciona en la figura a continuación la precipitación del área de estudio oscila entre los 1500 y 2000 mm.

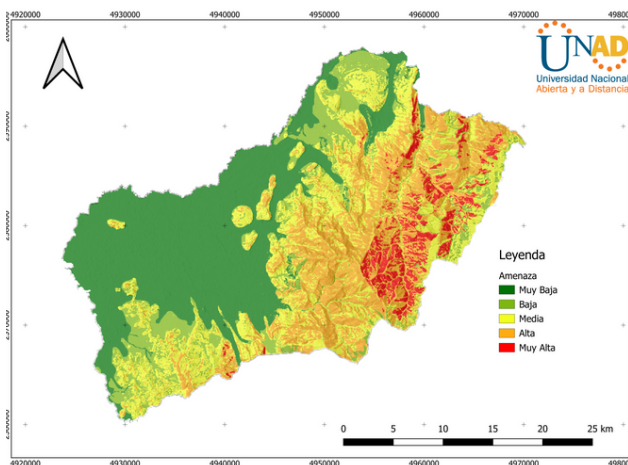
Figura 5. Precipitación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2023.

### AMENAZA RESULTANTE DEL MUNICIPIO DE CURUMANÍ

Figura 6. Amenaza del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2023.

La integración de los Sistemas de Información Geográfica emerge como un pilar fundamental en la zonificación de amenazas por deslizamientos. Estas herramientas permiten una evaluación detallada y precisa al combinar datos geospaciales, análisis espaciales y modelado geográfico.

La capacidad de los SIG para procesar información multidimensional y representarla visualmente ofrece una perspectiva holística de las áreas de riesgo. Su aplicación facilita la toma de decisiones informadas y estratégicas en la gestión del riesgo, permitiendo la identificación anticipada de zonas críticas y la implementación de medidas preventivas y de mitigación.

La integración de los Sistemas de Información Geográfica en la zonificación de amenazas por deslizamientos representa un avance significativo en la optimización de estrategias de prevención y planificación.

Estos sistemas ofrecen una capacidad sin igual para capturar, almacenar, analizar y representar datos geospaciales complejos, lo que resulta fundamental en la identificación y delimitación de áreas vulnerables.

Esta integración no solo permite una evaluación detallada del riesgo, sino que también facilita la comunicación efectiva de resultados a las autoridades locales y comunidades, promoviendo así la concientización y la toma de medidas preventivas con enfoque en la reducción del riesgo y la protección de vidas y activos en áreas propensas a deslizamientos.

Link del vídeo

[https://youtube.com/watch?](https://youtube.com/watch?v=AQQvnjKkDOk&feature=shared)

[v=AQQvnjKkDOk&feature=shared](https://youtube.com/watch?v=AQQvnjKkDOk&feature=shared)

## BIBLIOGRAFÍA

Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. (s. f.).<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/component/content/article/134-sitio/articulos/cuarta-epoca/5702/285-5702-1-gonzalez>

Cobertura vegetal del suelo | Agricultura de Conservación | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>

Chacón, C. A. P. (2019). Evaluación del riesgo de desastres por deslizamientos activados por lluvias caso estudio: Barrios informales de manera. El junquito. <https://www.redalyc.org/journal/721/72163802004/html/>

Formiga, F., & Tarazona-Santabalbina, F. (2020). La importancia de identificar factores intrínsecos modificables de riesgo de caídas para implementar precozmente medidas preventivas. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*. <https://doi.org/10.4321/s1889-836x2020000300001>

López, R. E., Zuluaga, A. D., Gómez, F., & Tapia, L. (2020). Aplicación del método Mora-Vahrson para evaluar la susceptibilidad a deslizamiento en el municipio de Manaure, Cesar, Colombia. *REDER*: 4(2), 57. <https://doi.org/10.55467/reder.v4i2.50>

Román, A. Q. (2018). Comparación de la metodología Mora-Vahrson y el método morfométrico para determinar áreas susceptibles a deslizamientos en la microcuenca del río Macho, Costa Rica. <https://www.redalyc.org/journal/4517/451755941001/html/>