

# Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en la subcuenca del río Cañazas y Conaca mediante herramientas de análisis SIG

## Identification of landslide-prone areas in the sub-basin of the Cañazas and Conaca rivers using GIS analysis tools

Ana Sanchez<sup>1</sup>, Delvis Hernández<sup>1</sup>, Pamela Zambrano<sup>1</sup>, Valery Montenegro<sup>1</sup>, Yelenin Vargas<sup>1</sup>, Anmary Domínguez<sup>1</sup>, Katherine Quintero<sup>1</sup>, Antonio Zamora<sup>1</sup>, Yedart Castañeda<sup>1</sup>, Angelica Reyes<sup>1</sup>, Diana Laguna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Geológica, Campus Dr. Víctor Levi Sasso, Universidad Tecnológica de Panamá, <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Campus Dr. Víctor Levi Sasso, Universidad Tecnológica de Panamá.

**Autor de correspondencia:** [diana.laguna@utp.ac.pa](mailto:diana.laguna@utp.ac.pa)

**RESUMEN.** Los deslizamientos de tierra son movimientos de masa de suelo cuesta abajo provocados por una serie de factores. El estudio analiza la susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca de los ríos Cañazas y Conaca en Panamá, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se integraron factores condicionantes como pendiente, litología, cobertura vegetal, proximidad a fallas geológicas, ríos, junto con factores desencadenantes como la precipitación y proximidad a calles. La metodología empleó ArcGIS Pro para reclasificar variables y generar mapas de susceptibilidad, aplicando herramientas como la Calculadora Ráster y Superposición Ponderada. Los resultados destacan que las pendientes pronunciadas, la saturación del suelo y la proximidad a ríos y fallas son los principales factores de riesgo. Más del 70 % del área presenta baja o moderada susceptibilidad, mientras que un 14 % tiene susceptibilidad media. El análisis identificó que el 9.8 % de los habitantes reside en zonas de alto riesgo. Además, la interacción entre fallas geológicas y cauces fluviales genera condiciones críticas para deslizamientos. La investigación destaca la relevancia de los SIG en la gestión de riesgos naturales y recomienda su aplicación en la planificación territorial y la implementación de políticas de mitigación. Este enfoque interdisciplinario puede replicarse en otras regiones con características geográficas y climáticas similares, contribuyendo al desarrollo sostenible y la seguridad de las comunidades locales.

**Palabras clave.** Deslizamientos, factores condicionantes, factores desencadenantes, modelo espacial, Panamá, sistema de información geográfica, susceptibilidad.

**ABSTRACT.** Landslides are downhill mass movements of solo caused by a series of factors. The study addresses the susceptibility to landslides in the sub-basin of the Cañazas and Conaca rivers in Panama, using Geographic Information Systems (GIS) tools. Conditioning factors such as slope, lithology, vegetation cover, proximity to geological faults, rivers and roads were integrated, along with triggering factors such as precipitation. The methodology included the use of ArcGIS Pro to reclassify variables and generate susceptibility maps, applying tools such as the Raster Calculator and Weighted Overlay. The results highlight that steep slopes, soil saturation and proximity to rivers and faults are the main risk factors. More than 70% of the area has low or moderate susceptibility, while 14% has medium susceptibility. The analysis identified that 9.8% of the inhabitants live in high-risk areas. Furthermore, the interaction between geological faults and river channels generates critical conditions for landslides. The research highlights the importance of GIS in the management of natural risks, recommending its application in territorial planning and the implementation of mitigation policies. This interdisciplinary approach can be replicated in other regions with similar geographical and climatic characteristics, contributing to the sustainable development and security of local communities.

**Keywords.** Landslides, conditioning factors, triggering factors, model, Panama, geographic information system, susceptibility.

**Citación:** A. Sanchez, D. Hernández, P. Zambrano, V. Montenegro, Y. Vargas, A. Domínguez, K. Quintero, A. Zamora, Y. Castañeda, A. Reyes y D. Laguna, "Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en la subcuenca del río Cañazas y Conaca mediante herramientas de análisis SIG", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 22, no. 1, pp. (0), 2026.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 5 de mayo de 2025. **Recibido con correcciones:** 19 de agosto de 2025. **Aceptado:** 19 de agosto de 2025.

**DOI.**

**Copyright:** 2026 A. Sanchez, D. Hernández, P. Zambrano, V. Montenegro, Y. Vargas, A. Domínguez, K. Quintero, A. Zamora, Y. Castañeda, A. Reyes y D. Laguna. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

## 1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han revolucionado la manera en que se analizan y comprenden datos geológicos y ambientales, permitiendo la integración de información espacial y temática para resolver problemáticas complejas [1]. Estas herramientas, esenciales en la planificación y gestión de recursos naturales, son particularmente relevantes en países como Panamá, cuya diversidad geológica incluye fallas tectónicas activas, formaciones volcánicas y una gran variedad de litologías [2]. Los SIG ofrecen la capacidad de evaluar riesgos naturales, como deslizamientos e inundaciones, además de apoyar el desarrollo sostenible mediante la planificación del uso del suelo y la gestión eficiente de recursos hídricos [3], [4].

En Panamá, la subcuenca entre los ríos Cañazas y Conaca representan áreas de alto interés geológico y socioeconómico debido a su ubicación en una región caracterizada por formaciones de rocas ígneas y depósitos sedimentarios. Estos elementos reflejan una compleja evolución tectónica e hidrográfica, que incluye procesos de deformación, transporte de sedimentos y actividad magmática. Estas cuencas son fundamentales no solo por su valor ambiental, sino también por su importancia para el suministro de agua y actividades económicas como la agricultura y la pesca, que dependen en gran medida de la estabilidad geológica y climática de la región [5], [6].

Sin embargo, estas zonas son altamente vulnerables a los efectos adversos de fenómenos climáticos extremos, como lluvias torrenciales, que han incrementado la frecuencia e intensidad de deslizamientos de tierra en los últimos años [7]. Por ejemplo, en noviembre de 2020, lluvias intensas causaron deslizamientos de tierra que afectaron vías de acceso en el distrito de Cañazas y provocaron inundaciones en comunidades cercanas al río Cañazas, como Cañazas Abajo, El Pedernal, La Huaca y La Raya. Este evento impactó varias viviendas, demostrando la necesidad urgente de implementar medidas preventivas y de gestión de riesgos [8]. Más recientemente, en 2024, más de 30 deslizamientos de tierra en la provincia de Veraguas, junto con la evacuación de 166 personas a albergues, subrayaron la magnitud de los riesgos asociados a las condiciones geológicas y climáticas en esta región [9].

La integración de esta información a través de los SIG permite no solo la identificación de zonas de alto riesgo,

sino también la planificación de acciones preventivas y de manejo sostenible de los recursos [10]. Este enfoque es especialmente relevante en áreas como las cuencas de los ríos Cañazas y Conaca, donde la combinación de factores geológicos, climáticos y sociales requiere un análisis interdisciplinario y estrategias basadas en datos. En este estudio, se utilizan mapas temáticos y análisis espaciales para evaluar las dinámicas de estas cuencas, con el objetivo de comprender mejor los procesos que conducen a los deslizamientos y proponer soluciones orientadas al desarrollo sostenible [11]. Esta perspectiva busca reducir los riesgos asociados a los eventos naturales y garantizar la seguridad y bienestar de las comunidades locales [12].

### 1.1 Área de estudio

El área de estudio abarca la subcuenca de los ríos Cañazas y Conaca la cual ocupa un 11% de la cuenca del Río Santa María (N° 132), con una extensión de 380.01 km<sup>2</sup>, ubicada en las provincias de Herrera y Veraguas [13], [14]. Esta subcuenca incluye 4 distritos: Ocú, Santa María, Atalaya y Santiago, y está compuesta por 16 corregimientos: La Carrillo, San Antonio, La Montañuela, Atalaya, Peñas Chatas, Los Llanos, Ocú, La Raya de Santa María, Los Canelos, Chupampa, Santiago, El Limón, Urracá, San Martín de Porres, Carlos Santana Ávila y Canto del Llano; la subcuenca la conforma una población total de 17,962 habitantes.

El clima de esta región, según la clasificación de Köppen, corresponde a dos tipos principales: tropical húmedo y tropical de sabana [15]. El 76.89 % del área presenta un clima tropical húmedo, mientras que el resto corresponde a un clima tropical de sabana. Estas características climáticas influyen significativamente en la variación estacional de variables como la precipitación, que desempeña un papel crucial en la dinámica hidrológica y en los procesos asociados a los deslizamientos de tierra en la zona [16], [17].

### 1.2 Aplicación de los SIG en el análisis de susceptibilidad de deslizamientos

Los SIG han demostrado ser herramientas indispensables para abordar este tipo de desafíos, al facilitar el análisis detallado de las dinámicas geológicas, climáticas y sociales en áreas propensas a deslizamientos. Mediante la creación de mapas temáticos, es posible identificar zonas vulnerables y desarrollar estrategias para mitigar los impactos de

futuros eventos [18]. Por ejemplo, los mapas de precipitación son cruciales para comprender los patrones de lluvia y su relación con los procesos de erosión, sedimentación y saturación del suelo, que son factores clave en la generación de deslizamientos [19]. Asimismo, las curvas de nivel y los mapas de pendientes permiten analizar la morfología del terreno, identificar áreas críticas y evaluar la interacción entre las estructuras geológicas y la superficie terrestre [20].

Además, el mapa de cobertura forestal proporciona información valiosa sobre la relación entre la vegetación y la estabilidad del suelo, ya que la pérdida de cobertura boscosa puede aumentar significativamente el riesgo de deslizamientos. Por otro lado, los mapas litológicos de la región permiten caracterizar las rocas predominantes, como ígneas, metamórficas y sedimentarias, y analizar su influencia en la susceptibilidad a procesos de erosión y movimientos de masas.

### 1.3 Parámetros geomorfológicos

En la Tabla 1 se muestran los datos geométricos de la subcuenca entre los ríos Cañazas y Conaca.

Tabla 1. Datos geométricos de la cuenca.

Área	380.01 km <sup>2</sup>
Perímetro	127.92 km
Longitud del río principal	81.31 km

El área de la cuenca nos dice que la misma es una cuenca intermedia - pequeña (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de la cuenca según su tamaño.

Rango km <sup>2</sup>	Clasificación
Menor a 25	Microcuenca
25 - 250	Pequeña
250 - 500	Intermedia - Pequeña
500 - 2500	Intermedia - Grande
2500 - 5000	Grande
Mayor a 5000	Muy grande

Los parámetros geomorfológicos son características medibles que nos permiten entender el comportamiento hidrológico, morfológico y dinámico de la cuenca y se agrupan en tres categorías [21]:

- Área de la cuenca (A): Extensión superficial total, generalmente medida en km<sup>2</sup>. Es crucial para calcular

el volumen potencial de agua que puede generar. La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a través de una línea imaginaria, denominada divisora de agua o *divortium aquarum*, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la línea imaginaria hacia los cauces de las cuencas continuas.

- Longitud del cauce principal: Este parámetro suele coincidir con la longitud del cauce más largo, y es un criterio muy representativo de la longitud de una cuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje de este.
- Perímetro de la cuenca: Es la longitud de la línea divisoria de aguas y conforma el contorno del área de la cuenca. Cuando se compara cuencas de la misma área, este parámetro es útil para diferenciar la forma de la cuenca. Es decir, si es alargada o redondeada.
- Forma de la cuenca: Para identificar las características de forma se emplean varios parámetros asociados con la relación área, perímetro o la longitud del cauce de agua más largo que se define como la distancia desde el punto de la salida de desembocadura de la cuenca hasta el punto agua arriba más alejada. Los índices más usuales son:

- a) Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius: Establece la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la cuenca correspondiente. Este índice representa la forma de la superficie de la cuenca, según su delimitación, y su influencia sobre los escurrimientos y el hidrograma resultante de una precipitación.

$$Kc = 0.28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

$$Kc = 0.28 \left( \frac{127.92}{\sqrt{380.01}} \right) \quad (1)$$

$$Kc = 1.84$$

Tabla 3. Índice de compacidad de la cuenca.

1.00-1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Basándonos en el cuadro anterior, nuestra cuenca cae en la categoría de forma oval – oblonga a rectangular

oblonga, gracias a que tiene una forma alargada y estrecha.

b) Factor de forma: Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de esta. El parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$Ff = \left(\frac{A}{L^2}\right) = \left(\frac{380.01}{81.31^2}\right) = 0.058 \quad (2)$$

**Tabla 4.** Factor de forma de la cuenca.

Valores de $Ff$	Forma
Menores a 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.30 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 - 0.80	ensanchada
0.80 - 1.20	Muy ensanchada
Mayores a 1.20	Rodeando el desagüe

Según el valor, la subcuenca es muy alargada, lo que indica que el agua tarda en llegar al cauce principal desde las zonas extremas, lo que genera un flujo más uniforme y reduce el riesgo de inundaciones rápidas.

El análisis de la cuenca revela que, al tener un tamaño intermedio a pequeño sugiere una capacidad moderada para generar escurrimientos. La forma alargada y estrecha, influye en los flujos hídricos, permitiendo un drenaje más controlado. El factor de forma clasificado como muy alargado contribuye a un flujo más uniforme y disminuye el riesgo de inundaciones rápidas, siendo factores cruciales para la gestión hidrológica en la región.

## 2. Materiales y Métodos/ Metodología

### 2.1 Metodología

El método seleccionado para realizar el análisis de susceptibilidad de deslizamiento (S) en la Subcuenca entre el Río Cañazas y Río Conaca se utilizó un modelo matemático que integrara nuevas variables que involucran factores condicionantes como la pendiente (P), litología (L), humedad (H), cobertura vegetal y uso de suelo (CBUS), curvatura (C), la distancia a fallas

geológicas (F), ríos (R) y calles (Ca), al igual que el factor desencadenante como lo es la intensidad de las lluvias en la zona (LI).

Este modelo es representando en la siguiente fórmula:

$$S = ((P * 2)L * H * CBUS * C * F * R)(Ca * LI) \quad (3)$$

Para visualizar estos datos se utilizó el programa ArcGIS PRO que integra los Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde la herramienta de *Reclasificación*, ponderados de acuerdo con la posibilidad de que ocurra un incidente evaluando los rangos estudiados en una escala del 1 al 5, estos luego fueron ingresados en la herramienta de análisis espacial *Calculadora Ráster* que permite aplicar la fórmula matemática.

La misma realiza un estudio superpuesto de cada variable, píxel por píxel que da como resultado un mapa con datos numéricos que nos permite obtener distintos niveles de susceptibilidad a deslizamiento. También los datos que fueron reclasificados fueron analizados con la herramienta de *Superposición Ponderada* que integra múltiples criterios con una escala de valor del 1 al 5.

Los resultados son de tipo ráster por tanto fue necesario simplificarlos al transformarlos a datos vectoriales, ya que estos permiten un mayor manejo de la información obtenida.

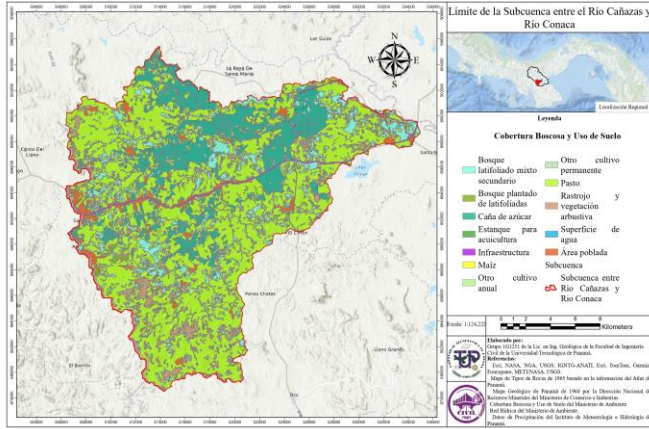
### 2.2 Datos

Para realizar el mapa en ArcGIS PRO se analizaron distintas variables que condicionan el sitio de estudio, como las puedan desencadenar este tipo de desastres naturales como lo son los deslizamientos, especialmente cerca de zonas pobladas [22]. En el caso de los datos vectoriales de tipo lineal se usó la herramienta *Distancia Euclidiana*, que relaciona distintas celdas que se ubican a distancia en línea recta del origen, transformándolos en un dato tipo ráster. Luego tanto los datos vectoriales de tipo polígono se transformaron a datos ráster para su posterior reclasificación.

#### 2.2.1 Cobertura Boscosa

La variable de cobertura boscosa y uso de suelo en un análisis de susceptibilidad a deslizamientos es crucial debido a la influencia directa de la vegetación y las actividades humanas en la estabilidad del terreno [23]. Las raíces profundas de especies latifoliadas ofrecen cohesión y protección contra la erosión, mientras que cultivos de raíces someras y áreas urbanizadas incrementan la vulnerabilidad al deslizamiento [24].

Además, el uso del suelo afecta la capacidad del terreno para manejar saturación y esfuerzos mecánicos, factores determinantes en un país con alta pluviosidad y pendientes pronunciadas, como se muestra en la Figura 1.



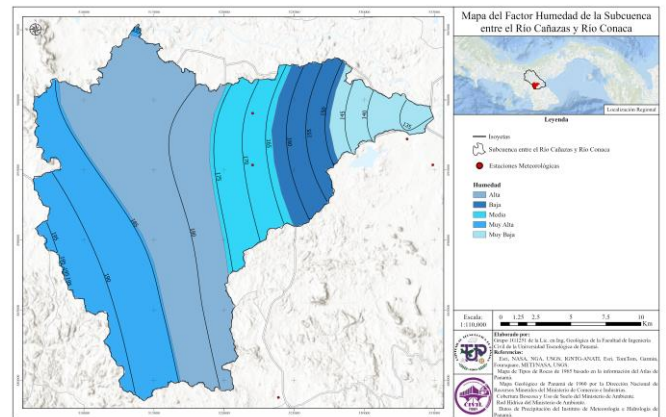
**Figura 1.** Cobertura Boscosa y uso de suelo.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 2.2.2 Precipitación

La precipitación es un factor clave en los procesos que contribuyen a los deslizamientos de tierra, especialmente en áreas con terrenos complejos. El análisis de la precipitación es importante para modelar la susceptibilidad a deslizamientos y poder desarrollar estrategias de mitigación [25]. Para elaborar los mapas de Factor Humedad y Factor Lluvia, mostrado en las Figuras 2 y 3, se emplearon datos climáticos históricos del Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA), de dos estaciones meteorológicas ubicadas dentro, y ocho cerca de la subcuenca. Las mismas contaban con registros que permitieron realizar una interpolación adecuada, minimizando posibles errores en la representación espacial de la precipitación.

### 2.2.2.1 Factor Humedad

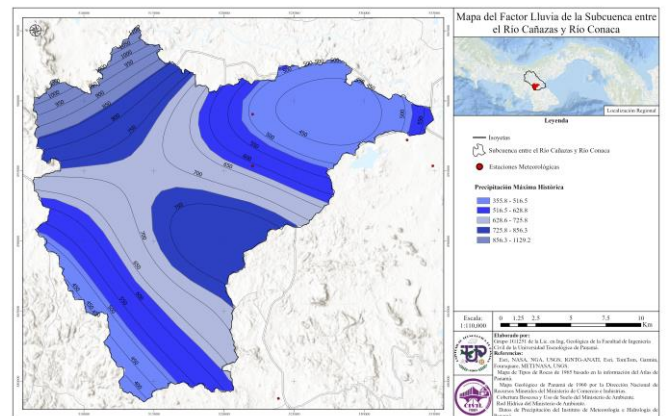
Influye directamente en la estabilidad del suelo, ya que afecta las propiedades mecánicas del material. Un suelo con alta humedad tiende a perder resistencia al corte, haciéndolo más susceptible a movimientos de masa [26]. Para este mapa se utilizó la precipitación promedio mensual, ya que esto representa el total acumulado de todos los meses en promedio, en base a los datos históricos, como se observa en la Figura 2.



**Figura 2.** Mapa de Factor Humedad.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.2.2 Factor Lluvia:

En la Figura 3 se observa a este factor determinante en la generación de deslizamientos, ya que intensidades altas y prolongadas pueden desencadenar procesos de saturación del suelo, aumentando la presión de poros y su peso. En el análisis de la subcuenca, este factor se integra mediante la evaluación de datos históricos de precipitación y su variación temporal, permitiendo identificar eventos críticos que elevan la susceptibilidad de las laderas a fallas. Para este mapa se utilizó el valor más alto entre los máximos mensuales promediados en base a los datos históricos [27].



**Figura 3.** Mapa de Factor Lluvia.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.3 Pendientes y proximidad a ríos

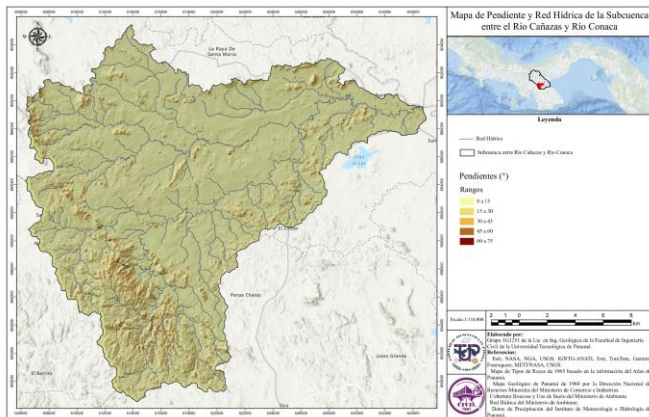
Uno de los componentes más destacados en el análisis de zonas susceptibles a deslizamientos en un área particular son las pendientes, ya que son factores cruciales debido a su relación directa con la estabilidad de los taludes, tanto naturales como aquellos originados

de manera artificial. A medida que aumenta la pendiente del terreno, también aumenta la probabilidad de deslizamientos, ya que las fuerzas gravitacionales actúan con mayor intensidad sobre las partículas del suelo, lo que facilita el movimiento de los materiales. Esta relación es esencial para identificar las áreas más vulnerables a deslizamientos.

La Figura 4 muestra el mapa de estos parámetros en el área de estudio, como lo son las pendientes y los cauces de los ríos y quebradas.

Por otro lado, la distancia a ríos también juega un papel determinante en el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos, ya que los cuerpos de agua tienen un impacto directo y significativo sobre la estabilidad del terreno. Los ríos y quebradas pueden provocar erosión en las bases de los taludes, especialmente en áreas de alta pendiente, debilitando la estructura del suelo y aumentando considerablemente la probabilidad de deslizamientos.

Además, las fluctuaciones en los niveles de agua, producto de las lluvias intensas o el aumento del caudal, generan saturación en el suelo en las zonas cercanas, lo que incrementa la presión intersticial y reduce la cohesión del material. Esta saturación, combinada con la erosión de las bases de los taludes, favorece la inestabilidad del terreno. Dado el régimen hídrico y las características geográficas de Panamá, que incluyen un clima tropical húmedo, esta variable resulta crucial para identificar las zonas más vulnerables a deslizamientos.

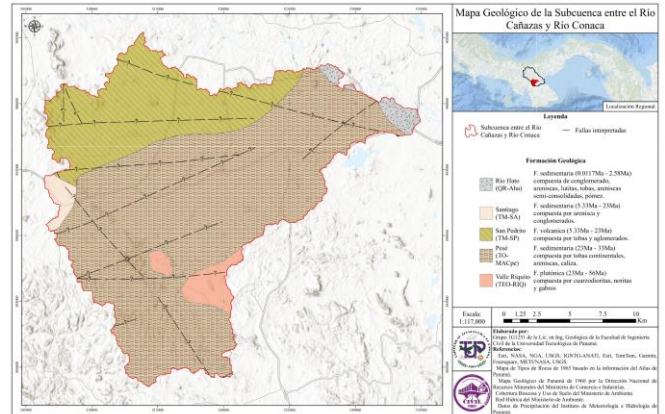


**Figura 4.** Mapa de Pendientes y Red Hídrica.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

### 2.2.5 Proximidad a fallas geológicas

La variable de distancia a fallas geológicas es esencial en un análisis de susceptibilidad a deslizamientos, ya que estas estructuras generan zonas de debilidad en el terreno

al inducir fracturas, alteraciones y reducción de la cohesión en los materiales rocosos [28]. Según la geología de la zona, las fallas pueden actuar como catalizadores de movimientos en masa, especialmente en áreas con tectónica activa o materiales susceptibles. Además, las fallas concentran esfuerzos tectónicos y facilitan la infiltración de agua, incrementando la presión intersticial y favoreciendo deslizamientos, ver Figura 5.

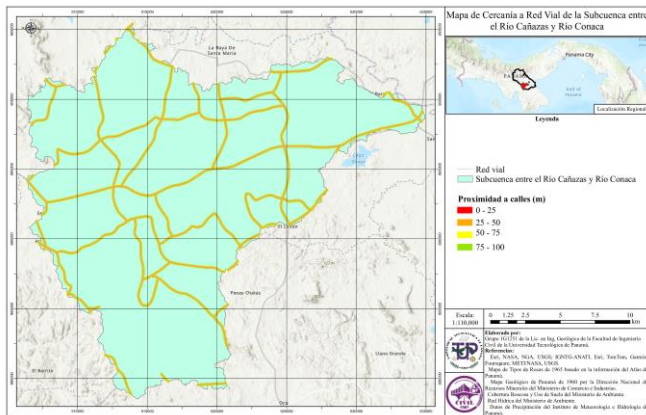


**Figura 5.** Mapa Geológico.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

### 2.2.6 Proximidad a calles

La construcción de calles representa un factor significativo que altera de manera irremediable la geomorfología natural de las zonas donde se desarrollan estas infraestructuras, en la Figura 6 se observan las vías que existen en la zona. Las excavaciones y los cortes realizados en los taludes durante la construcción de carreteras modifican las pendientes originales, generando cambios en la estabilidad del terreno que pueden favorecer procesos de inestabilidad y deslizamientos.

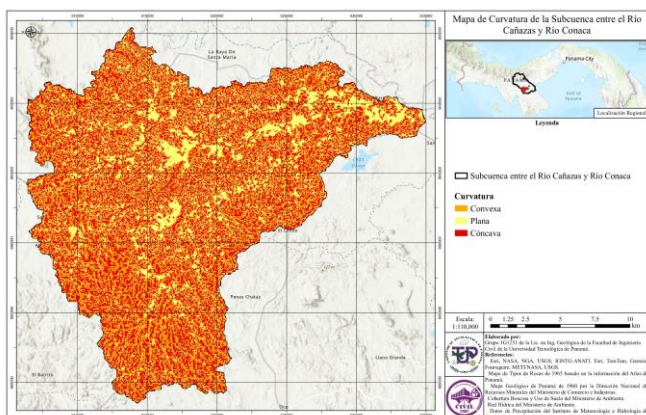
Además, estas alteraciones aumentan la infiltración de agua en el suelo, lo que incrementa la presión intersticial y reduce la cohesión del material, factores que contribuyen directamente a la susceptibilidad a deslizamientos. Por otra parte, el peso adicional que genera el tránsito vehicular constante y las vibraciones ocasionadas por el tráfico intenso pueden exacerbar estos procesos, especialmente en áreas cercanas a las vías. Por ello, esta variable resulta esencial para evaluar los impactos antropogénicos en terrenos que ya presentan condiciones de inestabilidad geológica y geotécnica [29].



**Figura 6.** Mapa de la red vial.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.7 Curvatura

La curvatura influye en la acumulación de agua y sedimentos, factores clave para la estabilidad del terreno. En zonas cóncavas, la convergencia de flujos superficiales y subterráneos aumenta la saturación del suelo, reduciendo su resistencia al corte y favoreciendo los deslizamientos [30]. Por el contrario, en áreas convexas, aunque el drenaje es mejor, la erosión intensa puede debilitar la superficie, aumentando el riesgo en pendientes pronunciadas. Mientras que las zonas planas permiten identificar áreas donde la acumulación de agua puede ser peligrosa, aunque la falta de pendiente disminuye la probabilidad de deslizamientos. En la Figura 7 se observan estas distintas curvaturas que existen en la zona.

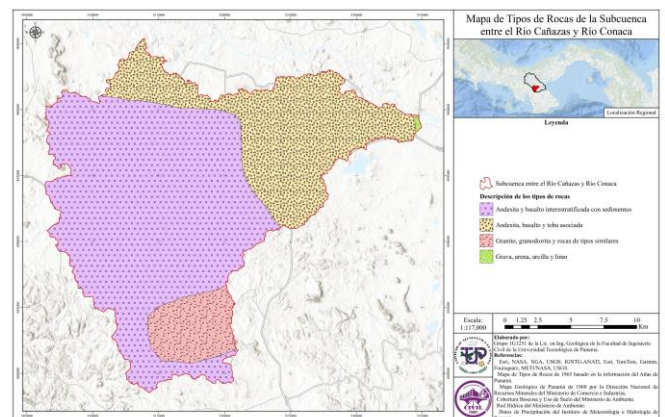


**Figura 7.** Mapa de Pendientes y Red Hídrica.  
Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.8 Litología

La incorporación de la variable litológica en un análisis de susceptibilidad a deslizamientos resulta esencial, ya que las características del tipo de roca, estructura y su composición influyen directamente en la estabilidad de las pendientes [31]. Factores como la resistencia al corte, la permeabilidad y la capacidad de retención de agua varían según la litología, afectando la probabilidad de que ocurra un deslizamiento.

Por ello, considerar esta variable permite obtener un modelo más preciso y representativo del comportamiento del terreno, en la zona se pueden ubicar sedimentos no consolidados como la lutita que, debido a su baja cohesión, son propensos a deslizarse, especialmente en presencia de agua. Rocas como la caliza, arenisca y tobas pueden debilitarse por saturación o procesos químicos, mientras las rocas graníticas son más resistentes, pero no invulnerables, ver Figura 8.



**Figura 8.** Mapa litológico según el Tipos de Rocas.  
Fuente: Elaboración Propia

## 3. Resultados y discusión

El análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca entre los ríos Cañazas y Conaca, se basó en la integración de datos geoespaciales a través de los SIG. Estos sistemas permitieron evaluar los factores geológicos, climáticos y socioeconómicos que inciden en la ocurrencia de deslizamientos, un riesgo recurrente en esta región, especialmente bajo fenómenos climáticos extremos como lluvias intensas.

La subcuenca en cuestión abarca una superficie de aproximadamente 380 km<sup>2</sup> y presenta un clima predominantemente tropical húmedo. Su geografía, caracterizada por pendientes pronunciadas y una topografía que favorece el drenaje controlado, pero que incrementa la vulnerabilidad de la zona frente a

deslizamientos, particularmente en áreas con alta precipitación.

Los SIG facilitaron la creación de mapas temáticos detallados que incorporan variables como la pendiente, la litología, la cobertura vegetal, la proximidad a fallas geológicas, entre otras, permitiendo así un análisis espacial exhaustivo del riesgo en la zona.

La integración de variables geológicas, climáticas y sociales, combinada con el análisis espacial, proporciona una comprensión profunda de los procesos que conducen a los deslizamientos y permite crear una línea base para la planificación de medidas preventivas. Esta aproximación interdisciplinaria es clave para identificar y reducir los riesgos asociados a los deslizamientos y garantizar la seguridad y el bienestar de las poblaciones afectadas, asegurando al mismo tiempo un desarrollo sostenible en la región.

### 3.1 Reclasificaciones y ponderaciones

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos en una región requiere considerar diversas variables que afectan la estabilidad del terreno.

Entre los factores condicionantes que influyen en la susceptibilidad a deslizamientos, destaca la combinación de pendientes pronunciadas y la saturación del suelo debido a las lluvias intensas. La infiltración del agua reduce la cohesión del terreno y aumenta la presión intersticial, facilitando el deslizamiento de materiales. Además, la proximidad a ríos y a fallas geológicas intensifica la inestabilidad, ya que la erosión en las bases de los taludes y las fracturas inducidas por las fallas contribuyen a debilitar las estructuras del suelo. La cobertura boscosa, por otro lado, juega un rol crucial al ofrecer protección contra la erosión, ya que las raíces profundas de las especies vegetales cohesionan el suelo, mientras que el uso de la tierra y las áreas urbanizadas pueden aumentar la vulnerabilidad. Además, factores como la humedad del suelo, la curvatura y la litología permiten identificar áreas vulnerables.

Las variables desencadenantes son claves para determinar la susceptibilidad de una región, ya que son externas a las características intrínsecas de la zona y pueden ocurrir de forma periódica, cíclica o continua. La precipitación incrementa la saturación y debilita el terreno y la proximidad a las fallas afecta la estabilidad estructural.

El proceso de análisis de reclasificación resultó fundamental para transformar y organizar las variables

condicionantes y desencadenantes de manera que pudiesen ser utilizadas en la evaluación del riesgo de deslizamiento. Al convertir datos vectoriales a formato ráster, esta herramienta facilitó la asignación de valores específicos a distintas clases o categorías, de acuerdo con su relevancia en el análisis. Esta transformación también facilitó la integración y combinación de las diversas capas de información, lo que permitió identificar y visualizar con precisión las áreas con mayor probabilidad de sufrir deslizamientos.

A continuación, se muestra la Tabla 5 que resume las valoraciones y ponderaciones de los distintos factores.

**Tabla 5.** Resumen de la ponderación de las variables.

Ponderación	Variable	Clasificación	Valor
15	Litología	Granito, granodiorita y rocas de tipos similares	1
		Andesita, basalto y toba asociada	2
		Andesita y basalto interestratificado con sedimentos	4
		Grava, arena, arcilla y limo	5
10	Tipo de curvatura	Plana	1
		Convexa	3
		Cóncava	5
10	Cobertura boscosa y uso de suelo	Bosque latifoliado mixto secundario, bosque plantado de latifoliadas	1
		Arroz, otro cultivo permanente, pasto, rastrojo y vegetación arbustiva	3
		Área poblada, infraestructura, caña/cultivos anuales	4
		Estanque para acuicultura, superficie de agua	5
20	Precipitación (mm)	335.8 – 516.5	1
		516.5 – 628.8	2
		628.8 – 725.8	3
		725.8 – 856.3	4
		856.3 – 1129.2	5
10	Humedad (mm)	134.3 – 148.6	1
		148.6 – 163.4	2
		163.4 – 175.6	3
		175.6 – 184.7	4
		184.7 – 197	5
10	Pendiente (°)	De 0 a 15	1
		De 15 a 30	2
		De 30 a 45	3
		De 45 a 60	4
		De 60 a 75	5
8	Distancia a fallas (m)	Más de 1000	1
		500 – 1000	2
		200 – 500	3
		50 – 200	4
		0 – 50	5
10	Distancia a ríos (m)	Más de 200	1
		150 – 200	2
		100 – 150	3

		50 – 100	4
		0 – 50	5
7	Distancia a calles (m)	Más de 100	1
		75 – 100	2
		50 – 75	3
		25 – 50	4
		0 – 25	5

El uso de herramientas como la Calculadora Ráster y la Superposición Ponderada fue esencial para modelar la susceptibilidad a deslizamientos, ya que facilitan la combinación de diversas variables espaciales y temáticas, ponderadas según su influencia en los procesos de deslizamiento.

Estas herramientas permitieron modelar con precisión los factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos, proporcionando información clave para la toma de decisiones en cuanto a la gestión del riesgo y la planificación territorial.

Ambos análisis arrojaron resultados similares en cuanto a la ubicación de zonas con bajo y alto nivel de riesgo de deslizamiento, principalmente determinadas por la presencia de afluentes de agua y fallas geológicas. La relación entre estas variables es un factor crítico, especialmente al considerar la intensidad de las lluvias como factor desencadenante. Este escenario afecta aproximadamente el 9.8% de los habitantes de la subcuenca, que residen en 14 regiones cercanas a zonas de alto riesgo de deslizamiento, que representan un promedio de 0.95% del área total de la cuenca.

La Calculadora Ráster, al adoptar un enfoque cuantitativo, identificó 4 niveles de susceptibilidad a deslizamientos. Más del 70% de la subcuenca presenta una susceptibilidad baja o moderada, mientras que aproximadamente un 14% se clasifica como una mediana susceptibilidad vinculada con la dirección de las fallas geológicas y los cauces de los ríos y quebradas. Este nivel de susceptibilidad afecta alrededor del 12% de la población total de la cuenca, distribuida en 17 poblados situados a no más de 500 m de distancia de zonas con alta susceptibilidad. Estos resultados presentan datos más precisos que los de su contraparte, como se observa en la Figura 9.

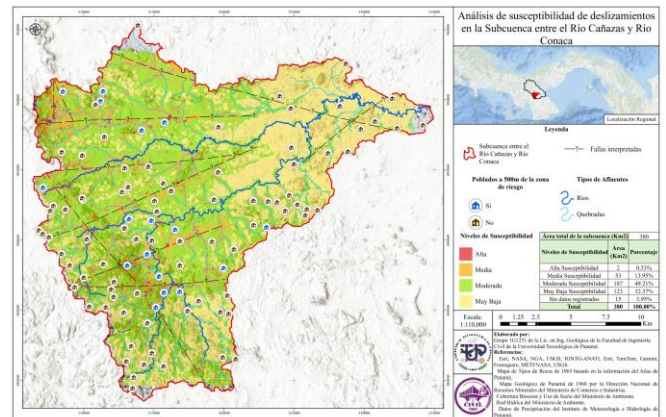


Figura 9. Análisis realizado con la Calculadora Ráster. Fuente: Elaboración Propia.

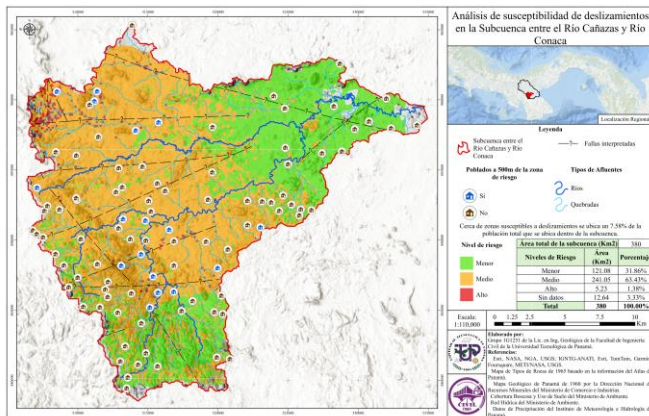
Según este análisis, los poblados que se encuentran en la zona de riesgo se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Poblados que se pueden ver afectados.

Lugar	Provincia	Distrito	Corregimiento
El Barro	Herrera	Ocú	Peñas Chatas
El Coco	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
El Espinito	Herrera	Santa María	Chupampa
El Ponton	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
El Potrero (P)	Veraguas	Atalaya	San Antonio
El Salero	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
El Tinoco	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
La Concepción	Veraguas	Santiago	Santiago (Cabecera)
La Montañuela	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
La Peana	Veraguas	Santiago	Canto Del Llano
Las Dos Bocas	Herrera	Ocú	Peñas Chatas
Llano De La Cruz	Veraguas	Santiago	Canto Del Llano
Los Barriales	Veraguas	Santiago	Canto Del Llano
Palenque	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
Res. San Antonio	Veraguas	Santiago	Santiago (Cabecera)
San Isidro	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
Uñate	Veraguas	Santiago	Canto Del Llano

Por otro lado, en la Figura 10, la Superposición Ponderada facilita la integración de múltiples criterios mediante un enfoque cualitativo, lo que permite simplificar los datos obtenidos en el mapa mediante la generalización de la información. Esta herramienta también refleja la relación con la ubicación de afluentes, como las quebradas que se interceptan con las fallas geológicas, 11 poblados se ubican a 500 m de estas zonas de alto riesgo de deslizamiento, que representan el 5% del área total de la cuenca. Esta situación afecta el 7.6% de los habitantes de la subcuenca. El nivel medio de riesgo representa más del 60% mientras que el 30%

restante está dominado por zonas con bajo riesgo a deslizamiento.



**Figura 10.** Análisis realizado con la Superposición Ponderada.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

Según este análisis, los poblados que se encuentran en la zona de riesgo se pueden observar en la Tabla 7

**Tabla 7.** Poblaciones bajo riesgo de afectación.

Lugar	Provincia	Distrito	Corregimiento
Alto de los Duendes	Veraguas	Santiago	Canto del Llano
Cerro Ines	Herrera	Ocú	Peñas Chatas
El Ponton	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
El Tinoco	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
La Chorrera	Herrera	Ocú	Peñas Chatas
La Montañuela	Veraguas	Atalaya	La Montañuela
La Peana	Veraguas	Santiago	Canto del Llano
Llano de la Cruz	Veraguas	Santiago	Canto del Llano
Los Barriales	Veraguas	Santiago	Canto del Llano
Los Boquerones	Veraguas	Atalaya	San Antonio
Uñate	Veraguas	Santiago	Canto del Llano

#### 4. Conclusiones

El análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca de los ríos Cañazas y Conaca, basado en la integración de datos geoespaciales a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha proporcionado una comprensión detallada y precisa de los factores que inciden en la ocurrencia de deslizamientos en esta región. Este estudio destaca la importancia y el impacto de variables como la geología, el clima, la topografía y la cobertura vegetal. La investigación ha permitido identificar áreas de alta susceptibilidad al deslizamiento, lo que proporciona una

base sólida para la planificación de medidas preventivas y de gestión de gestión del riesgo en la zona.

Las fallas geológicas, al ser zonas de debilidad estructural en el terreno, proporcionan una vía más fácil para el deslizamiento de masas de tierra, especialmente cuando están asociadas a cauces de ríos o quebradas. Estos cuerpos de agua no solo erosionan el terreno, sino que también alteran la estabilidad del suelo cercanos a las fallas, aumentando la vulnerabilidad al deslizamiento. La intersección de las fallas con afluentes de agua crea una combinación peligrosa, ya que la acción erosiva de los cuerpos de agua puede socavar aún más la estabilidad del terreno, favoreciendo el colapso de las laderas.

Las lluvias intensas incrementan el volumen de agua en los ríos y quebradas, lo que puede generar un exceso de presión sobre las estructuras del suelo y aumentar su saturación. El exceso de agua reduce la cohesión entre las partículas del suelo, lo que favorece la ocurrencia de deslizamientos, especialmente en áreas donde las fallas geológicas constituyen un punto débil adicional. Además, las lluvias pueden provocar un flujo superficial que erosiona las zonas cercanas a los afluentes, incrementando el riesgo de que el agua socave las fallas y desencadene deslizamientos.

Los resultados obtenidos tienen importantes aplicaciones en la gestión de riesgos naturales, particularmente en la prevención y mitigación de deslizamientos y pueden servir como herramienta clave para los responsables de la planificación territorial y las autoridades locales. Estos resultados facilitan la toma de decisiones informadas en cuanto a la ubicación de infraestructuras, el uso del suelo y la implementación de políticas de protección en áreas vulnerables. Además, esta metodología tiene el potencial de ser aplicado a otras regiones con características geográficas y climáticas similares, extendiendo su utilidad en la gestión de riesgos a nivel nacional e internacional.

Se recomienda incorporar datos más detallados y actualizados sobre el uso del suelo y la dinámica de la población, así como aplicar modelos de simulación más avanzados que consideren la variabilidad temporal y espacial de las lluvias. La integración de modelos predictivos basados en la dinámica del cambio climático también podría proporcionar información valiosa sobre cómo las variaciones climáticas afectarán la susceptibilidad a deslizamientos en el futuro. Además, sería beneficioso realizar un seguimiento a largo plazo de los deslizamientos y eventos de erosión para validar y ajustar los modelos de susceptibilidad lo que contribuiría a mejorar su precisión y aplicabilidad.

Las ventajas de las herramientas empleadas, como la Calculadora Ráster y la Superposición Ponderada, son notables. Ambas permitieron combinar múltiples variables espaciales, cuantificando y ponderando su influencia en los deslizamientos. Estas herramientas facilitaron una evaluación precisa de la susceptibilidad en la subcuenca, identificando zonas de alto riesgo asociadas con pendientes pronunciadas, la proximidad a afluentes de agua y las fallas geológicas.

El uso de SIG, junto con el análisis espacial, no solo permitió la integración de diferentes capas de datos, sino que también facilitó la mejora en la toma de decisiones para la planificación territorial. No obstante, las limitaciones de este estudio incluyen la dependencia de la calidad y precisión de los datos geoespaciales disponibles, así como la necesidad de considerar factores externos adicionales, como el comportamiento humano en las áreas urbanizadas y su interacción con las prácticas agrícolas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica de Panamá, junto a Esri, por permitarnos utilizar las herramientas de información geográfica para la elaboración de los mapas analizados y presentados.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## CONTRIBUCIÓN Y APROBACIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización del proyecto: DL.

Diseño de la investigación: DL.

Elaboración de mapas: AS, DH, PZ, VM, YV, AD, KQ, AZ, YC, AR.

Análisis e interpretación de resultados: AS, DH, PZ, VM, YV, AD, KQ, AZ, YC, AR.

Redacción del artículo: AS, DH, PZ, VM, YV, AD, KQ, AZ, YC, AR.

Revisión del artículo: AS, DH, PZ, VM, YV, AD, KQ, AZ, YC, AR, DL.

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo.

## REFERENCIAS

- [1] L. Chen, Y. Mao, y Z. Ruotong, *GIS application in environmental monitoring and risk assessment*. 2022, p. 917. doi: 10.1109/ICGMRS55602.2022.9849269.
- [2] A. K. Pachauri y M. Pant, "Landslide hazard mapping based on geological attributes", *Engineering Geology*, vol. 32, núm. 1, pp. 81–100, feb. 1992, doi: 10.1016/0013-7952(92)90020-Y.
- [3] V. Nangia, P. Wymar, y J. Klang, "Evaluation of a GIS-based watershed modeling approach for sediment transport", *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 3, ene. 2010, doi: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.03.043-053.
- [4] W. Huabin, L. Gangjun, X. Weiya, y W. Gonghui, "GIS-based landslide hazard assessment: an overview", *Progress in Physical Geography*, vol. 29, núm. 4, pp. 548–567, dic. 2005, doi: 10.1191/0309133305pp462ra.
- [5] A. Jiménez, A. J. Hernández, y V. M. Rodríguez-Espinosa, "Integration of Geospatial Tools and Multi-source Geospatial Data to Evaluate the Tropical Forest Cover Change in Central America and Its Methodological Replicability in Brazil and the DRC", *Remote Sensing*, vol. 12, núm. 17, 2020, doi: 10.3390/rs12172705.
- [6] M. Trujillo, A. Ordonez, y R. Hernandez, "Risk-Mapping and Local Capacities: Lessons from Mexico and Central America". Oxfam GB, 2000. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10546/121167>
- [7] O. Lindsay y N. Weinberg, "Desastres naturales en cerro punta - historia e impactos", ene. 2019.
- [8] M. Vázquez, "Inundaciones dejan cuantiosos daños en cultivos y pérdidas materiales en hogares veraguenses", *Panamá América*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/inundaciones-dejan-cuantiosos-danos-en-cultivos-perdidas-materiales-en-hogares>
- [9] "Más de 30 deslizamientos de tierra en Veraguas debido al mal tiempo; evacuan a 166 personas a albergues", *TVN*, 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.tvn-2.com/nacionales/deslizamientos-depresion-tropical-en-panama-deslizamientos-de-tierra-en-veraguas-traslado-de-damnificados-a-albergues-veraguas-sinaproc\\_1\\_2163809.html](https://www.tvn-2.com/nacionales/deslizamientos-depresion-tropical-en-panama-deslizamientos-de-tierra-en-veraguas-traslado-de-damnificados-a-albergues-veraguas-sinaproc_1_2163809.html)
- [10] W. Novalia y S. Malekpour, "Theorising the role of crisis for transformative adaptation", *Environmental Science & Policy*, vol. 112, pp. 361–370, oct. 2020, doi: 10.1016/j.envsci.2020.07.009.
- [11] T. Santamaría, M. Samudio, y D. Sáez, "Determinación de áreas susceptibles a deslizamientos en el corregimiento de Cerro Punta, provincia de Chiriquí, Panamá", *Revista de Iniciación Científica*, vol. 7, pp. 9–18, 2021, doi: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.0.3242>.
- [12] A. Díaz y D. Acosta, "Mapa de susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de San Miguelito, Panamá, incorporando herramientas de sistema de información geográfica", *I+D Tecnológico*, vol. 15, núm. 1, pp. 59–70, 2019, doi: <https://doi.org/10.33412/idt.v15.1.2100>.
- [13] Ministerio de Ambiente, *Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PAGIRH) de Panamá (2022 – 2026)*. Ciudad de Panamá, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/plan-de-accion-girh---panama\\_fin\\_1jun.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/plan-de-accion-girh---panama_fin_1jun.pdf)

- [14] Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica 2016, *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos*, 1a ed. Ciudad de Panamá, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2017/04/2.-Plan-Nacional-de-Seguridad-Hidrica-2015-2050-Agua-para-Todos.pdf>
- [15] Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, *Atlas nacional de la República de Panamá*, Tercera. Ciudad de Panamá, 1998. [En línea]. Disponible en: [https://biblioteca.asamblea.gob.pa/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2262&shelfbrowse\\_itemnumber=3953](https://biblioteca.asamblea.gob.pa/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2262&shelfbrowse_itemnumber=3953)
- [16] C. J. Van Westen, “The Modelling Of Landslide Hazards Using Gis”, *Surveys in Geophysics*, vol. 21, núm. 2, pp. 241–255, mar. 2000, doi: 10.1023/A:1006794127521.
- [17] R. S. Harmon *et al.*, “Geochemistry of four tropical montane watersheds, Central Panama”, *Applied Geochemistry*, vol. 24, núm. 4, pp. 624–640, abr. 2009, doi: 10.1016/j.apgeochem.2008.12.014.
- [18] V. A. Vega Cervera, “Análisis de la Gestión del Recurso Hídrico en Panamá”, Universidad de Alicante, Alicante, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm06/tfm-valery-vega-cervera.pdf>
- [19] C. Yang, L.-L. Liu, F. Huang, L. Huang, y X.-M. Wang, “Machine learning-based landslide susceptibility assessment with optimized ratio of landslide to non-landslide samples”, *Gondwana Research*, vol. 123, pp. 198–216, nov. 2023, doi: 10.1016/j.gr.2022.05.012.
- [20] P. De Rosa, A. Fredduzzi, y C. Cencetti, “Geographic Information System Tools for River Evolution Analysis”, *Water*, vol. 16, núm. 17, 2024, doi: 10.3390/w16172512.
- [21] M. F. Baig, M. R. U. Mustafa, A. Saputra, M. M. Shah, y H. binti Takaijudin, “Assessment of hydrogeological parameters in a tropical region using GIS and AHP”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1135, núm. 1, p. 012022, ene. 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1135/1/012022.
- [22] F. M. Segarra Zeas y D. A. Montalván Orellana, “Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de sistemas de información geográfico, en la parroquia Bulán, cantón Paute”, 2022.
- [23] B. Zerouali, C. A. G. Santos, T. V. M. do Nascimento, y R. M. da Silva, “A cloud-integrated GIS for forest cover loss and land use change monitoring using statistical methods and geospatial technology over northern Algeria”, *Journal of Environmental Management*, vol. 341, p. 118029, sep. 2023, doi: 10.1016/j.jenvman.2023.118029.
- [24] S. Shukla, M. Khire, y S. Gedam, “Monitoring Land Use/Land Cover Changes in a River Basin due to Urbanization using Remote Sensing and GIS Approach”, *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL–8, pp. 949–953, nov. 2014, doi: 10.5194/isprsarchives-XL-8-949-2014.
- [25] J. Liu, B. Xue, Y. A. W. Sun, y Q. Guo, “Water balance changes in response to climate change in the upper Hailar River Basin, China”, *Hydrology Research*, vol. 51, núm. 5, pp. 1023–1035, jul. 2020, doi: 10.2166/nh.2020.032.
- [26] J. Suárez, *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga, 1998. [En línea]. Disponible en: <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte01.pdf>
- [27] G. Carrillo-Soto, N. Cely-Calixto, y C. Bonilla, *Fundamentos de Hidrología*. 2022.
- [28] S. Babidge, “Seeing water: Slow resistance and the material enigma of extractive effects on society and ecology”, *HAU: Journal of Ethnographic Theory*, vol. 11, núm. 2, pp. 395–411, sep. 2021, doi: 10.1086/715788.
- [29] K. Sassa *et al.*, “Landslide risk evaluation and hazard zoning for rapid and long-travel landslides in urban development areas”, *Landslides*, vol. 1, núm. 3, pp. 221–235, sep. 2004, doi: 10.1007/s10346-004-0028-y.
- [30] G. M. Kondolf, H. Piégay, y D. Sear, “Integrating Geomorphological Tools in Ecological and Management Studies”, en *Tools in Fluvial Geomorphology*, 2003, pp. 631–660. doi: 10.1002/0470868333.ch21.
- [31] M. Badrakh, B. Enkhdalai, T. Narantsetseg, K. Udaanjargal, D. Orolmaa, y D. Munkhjain, “Lithological mapping using remote sensing techniques: A case study of Alagbayan area, Dornogobi province, Mongolia”, *Mongolian Geoscientist*, vol. 26, pp. 37–54, dic. 2021, doi: 10.5564/mgs.v26i53.1790.

## ANEXOS

En este apartado se proporciona un enlace que dirige a una recopilación de documentos en formato PDF relacionados con el presente estudio. Con el propósito de ofrecer una herramienta adicional para ver en detalle los mapas realizados. Puede acceder a través de este enlace: [Mapas de la zona de estudio.](#)