



Movimientos en Masa en Ecuador: Una Revisión Geotécnica y sus Implicaciones en la Gestión del Riesgo

Mass Movements in Ecuador: A Geotechnical Review and its Implications for Risk Management

Movimentos de massa no Equador: uma revisão geotécnica e suas implicações na gestão de riscos

Sergio Alexander Orozco-Lovato ^I
sergio.orozco@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-7921-1705>

Jefferson Vladimir Macas-Vilema ^{II}
bladimirmacas27@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1993-2260>

Correspondencia: sergio.orozco@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*** Recibido:** 10 de mayo de 2025 ***Aceptado:** 25 de junio de 2025 *** Publicado:** 14 de julio de 2025

- I. Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Orellana, Orellana, Ecuador.
- II. Egresado maestría en sistemas hidráulicos urbanos de abastecimiento y protección Universidad Politécnica Salesiana, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El presente artículo realiza una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los movimientos en masa (MM), también conocidos como fenómenos de remoción en masa (FRM), en Ecuador. El objetivo principal fue identificar y caracterizar las tipologías de deslizamientos, los factores condicionantes y detonantes, las metodologías de investigación y evaluación empleadas, y las consecuencias socioeconómicas y ambientales asociadas a estos fenómenos. Se adoptó una metodología de observación documental, analizando artículos científicos, tesis y bases de datos relevantes. Los hallazgos destacan que Ecuador es un país altamente susceptible a MM debido a su compleja geología, intensa actividad tectónica y volcánica, y variabilidad climática. Se identifican diversas tipologías de deslizamientos en distintas regiones, desde la costa hasta la sierra andina. La investigación subraya la creciente aplicación de técnicas geofísicas, como el método sísmico HVSR y la tomografía eléctrica, complementadas con la teledetección y métodos geotécnicos tradicionales, para la caracterización y mapeo de la susceptibilidad. Se concluye que una gestión efectiva del riesgo requiere la integración de estos conocimientos para una planificación territorial y el desarrollo de infraestructura resilientes, resaltando la necesidad de estudios más detallados y sistemáticos para mitigar el impacto en las comunidades y la infraestructura.

Palabras clave: Deslizamientos; Ecuador; Geotecnia; Gestión de Riesgos; Sensores Remotos.

Abstract

This article presents a comprehensive literature review of landslides (MMs), also known as mass removal phenomena (MRPs), in Ecuador. The main objective was to identify and characterize landslide typologies, the determining and triggering factors, the research and assessment methodologies employed, and the socioeconomic and environmental consequences associated with these phenomena. A documentary observation methodology was adopted, analyzing scientific articles, theses, and relevant databases. The findings highlight that Ecuador is highly susceptible to MMs due to its complex geology, intense tectonic and volcanic activity, and climatic variability. Various landslide typologies are identified in different regions, from the coast to the Andean highlands. The research highlights the increasing application of geophysical techniques, such as the HVSR seismic method and electrical tomography, complemented by remote sensing and traditional geotechnical methods, for susceptibility characterization and mapping. It is concluded

that effective risk management requires the integration of this knowledge for territorial planning and the development of resilient infrastructure, highlighting the need for more detailed and systematic studies to mitigate the impact on communities and infrastructure.

Keywords: Landslides; Ecuador; Geotechnics; Risk Management; Remote Sensing.

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica abrangente sobre os deslizamentos de terra (MMs), também conhecidos como fenômenos de remoção em massa (MRPs), no Equador. O principal objetivo foi identificar e caracterizar as tipologias de deslizamentos de terras, os fatores determinantes e desencadeantes, as metodologias de investigação e avaliação empregues e as consequências socioeconómicas e ambientais associadas a estes fenômenos. Adotou-se uma metodologia de observação documental, analisando artigos científicos, teses e bases de dados relevantes. Os resultados destacam que o Equador é altamente suscetível aos MMs devido à sua geologia complexa, intensa atividade tectónica e vulcânica e variabilidade climática. Estão identificadas diversas tipologias de deslizamentos de terras em diferentes regiões, desde o litoral até ao planalto andino. A investigação destaca a crescente aplicação de técnicas geofísicas, como o método sísmico HVSR e a tomografia eléctrica, complementadas por deteção remota e métodos geotécnicos tradicionais, para a caracterização e mapeamento da suscetibilidade. Conclui-se que a gestão eficaz do risco requer a integração deste conhecimento para o planeamento territorial e o desenvolvimento de infraestruturas resilientes, realçando a necessidade de estudos mais detalhados e sistemáticos para mitigar o impacto nas comunidades e nas infraestruturas.

Palavras-chave: Deslizamentos de terras; Equador; Geotecnia; Gestão de Risco; Deteção Remota.

Introducción

Los movimientos en masa (MM), también referidos en el contexto ecuatoriano como fenómenos de remoción en masa (FRM) o términos populares como derrumbes, deslaves, deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, o aluviones, representan una de las amenazas geológicas más recurrentes y de mayor impacto a nivel mundial y, particularmente, en Ecuador. Estos fenómenos complejos juegan un papel crucial en la evolución del relieve y son el resultado de la interacción de múltiples factores endógenos y exógenos. A nivel global, más del 37% de la población habita a menos de 100 km de la costa, siendo el 80% de estas costas rocosas. Las zonas de acantilados, que

representan el 52% de las áreas costeras globales, se erosionan constantemente, amenazando a las comunidades costeras, la infraestructura y los sitios históricos.

En Ecuador, la ocurrencia de MM es una preocupación constante debido a sus características geológicas, geográficas y climáticas. El país se sitúa en una región dominada por materiales volcánicos y volcanosedimentarios, producto de una intensa actividad eruptiva reciente, que cubren la mayor parte de su superficie. La geodinámica compleja, impulsada por la convergencia oblicua entre las placas de Nazca y Sudamericana, favorece la deformación cortical y la actividad sísmica y volcánica, generando fallas geológicas que actúan como factores condicionantes al alterar el macizo rocoso. Además, la intensidad y frecuencia de las precipitaciones son considerados detonantes clave de la inestabilidad de laderas, exacerbados por fenómenos como El Niño. Las intervenciones antrópicas, como la construcción de vías, cortes y excavaciones de laderas, deforestación, cambios en el uso del suelo y asentamientos ilegales, también contribuyen significativamente a la vulnerabilidad de las zonas costeras y montañosas.

Estos eventos han causado pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales, afectando la infraestructura vial, cultivos, viviendas y el desarrollo sostenible del país. Por ejemplo, el deslizamiento de Sipetrol en Sigchos en 2016 causó cinco víctimas mortales, y el de Alausí en 2023 afectó 23.2 hectáreas de terreno con numerosas víctimas mortales (Bustillos et al., 2016).

La gestión de riesgos por deslizamientos es un eje fundamental para el desarrollo sostenible. El presente estudio busca contribuir al conocimiento de estos fenómenos en Ecuador mediante una revisión bibliográfica integral, con el objetivo de caracterizar los MM, sus factores, los métodos de estudio y sus consecuencias, proporcionando una base para una mejor planificación territorial y la implementación de medidas de mitigación efectivas.

Metodología

Este artículo de revisión se basa en una metodología descriptiva que emplea la observación documental como método principal. Para la recopilación de información secundaria, se consideraron artículos científicos, tesis de grado y posgrado, e informes técnicos disponibles sobre movimientos en masa en Ecuador. La búsqueda se centró en identificar estudios que aborden las tipologías de deslizamientos, los factores condicionantes y detonantes, las técnicas de investigación geofísica y geotécnica, las herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica

(SIG) aplicadas al mapeo de susceptibilidad, así como los impactos y consecuencias de estos fenómenos en el contexto ecuatoriano.

El proceso de revisión implicó la lectura crítica y la síntesis de la información para extraer los conceptos clave y los resultados más relevantes, prestando atención a la coherencia y, en su caso, a las contradicciones entre las diversas fuentes. La información se organizó temáticamente para proporcionar una visión estructurada de la problemática de los movimientos en masa en el país.

Este enfoque permitió integrar una visión multidisciplinaria de los desafíos y avances en la comprensión y gestión de este riesgo geológico en el país.

Resultados

Tipologías y Distribución de Movimientos en Masa en Ecuador

Ecuador experimenta una amplia variedad de movimientos en masa, reflejo de su compleja geodiversidad y la interacción de factores geológicos y climáticos. Las tipologías identificadas en los estudios revisados incluyen:

- **Zonas Costeras:** En los acantilados entre Ancón y Anconcito, en la provincia de Santa Elena, se han identificado deslizamientos de masas (suelos) y deslizamientos de rocas. Específicamente, se encontraron movimientos rotacionales, flujos de tierra, cárcavas de erosión, caída de bloques, socavamientos, roturas planares y roturas en cuña. La inestabilidad es mantenida por las características mecánicas de suelos y rocas, con discontinuidades y planos de falla activados por precipitaciones o erosión costera. La erosión costera por incidencia del oleaje y la socavación por acción de las olas son factores críticos en estas zonas (Moreno, 2022).
- **Nueva Prosperina (Guayaquil):** Se han observado movimientos en masa en laderas, agravados por asentamientos ilegales y un drenaje deficiente. La Formación Cayo, compuesta por capas delgadas de chert y tobas silicificadas, es la unidad geológica subyacente (García, 2023).
- **Región Andina (Sierra):**
 - **Cantón Sigchos (Provincia de Cotopaxi):** Los fenómenos de remoción en masa (FRM) predominantes son deslizamientos, reptación, flujos y caída de rocas. Los deslizamientos constituyen el 98% de los movimientos (rotacionales y traslacionales), asociados a depósitos volcánicos como andesitas, brechas y volcano-sedimentos altamente meteorizados y fracturados. La mayoría son deslizamientos antiguos y

vegetados, con pendientes entre 45-75° que indican una estabilidad pobre. La reptación de suelos (0.9%) ocurre principalmente en suelos limo-arcillosos, mientras que flujos (0.8%) y caída de rocas/detritos (0.5%) se presentan en areniscas verdes y brechas de la formación Zumbahua (Bustillos et al., 2016).

- **Cantón Alausí (Provincia de Chimborazo):** Es una zona propensa a grandes deslizamientos. El deslizamiento ocurrido el 26 de marzo de 2023 afectó aproximadamente 232 mil m² (23.2 hectáreas), con una longitud máxima de 770 metros y un ancho de 360 metros. La corona se ubica a 2586 m.s.n.m. y la base a 2307 m.s.n.m., con un desnivel de 279 metros y una pendiente promedio de ~20°. Este evento implicó una zona de erosión (66 mil m²) y una zona de depositación (166 mil m²), con espesores de depósito que alcanzaron hasta 19 metros. La litología en la zona de desprendimiento corresponde a un macizo rocoso muy meteorizado y alterado (arcilla), con bloques de brechas laharíticas y tobas volcánicas silicificadas, probablemente de la Formación Cisarán, y coluviales resultantes de la descomposición del macizo rocoso (Vasconez & Pacheco, 2023).
- **Cantón Pujilí (Provincia de Cotopaxi):** En la comunidad de Cachi Alto, se han registrado deslizamientos activos de mediana magnitud. Un aspecto particular es la ocurrencia de deslizamientos sobre materiales geológicamente similares, como la Formación Cangahua, un suelo volcánico endurecido y ligeramente cementado, donde la masa en movimiento (cangahua alterada y meteorizada) desliza sobre una cangahua cementada y poco alterada (Freire, 2024).
- **Guarumales (Provincia de Azuay):** Se han estudiado deslizamientos de materiales **coluviales** depositados sobre un basamento compacto de tipo metamórfico, específicamente la Unidad Upano del Grupo Salado, compuesta por meta-andesitas, esquistos verdes y sericíticos, tobas y meta-grauvacas (Eras, 2024).
- **Barrio Santa Rosa de Pomasqui (Distrito Metropolitano de Quito):** Esta zona ha sido afectada por deslizamientos traslacionales, caídas de rocas y flujos de escombros, especialmente durante las épocas lluviosas. Esto se debe a que niveles de poco espesor de las Formaciones Cangahua y Mojanda, depositadas de forma periclinal, se deslizan sobre depósitos más compactados y estratificados de la avalancha de rocas del volcán Casitagua (Freire, 2024).

- **Tambán (Cantón Chimbo, Provincia de Bolívar):** El deslizamiento de Tambán, activo desde diciembre de 2021, es complejo y presenta grietas y asentamientos en la infraestructura. La provincia de Bolívar ha documentado 395 deslizamientos entre 2010 y 2022. La geología del cantón Chimbo se caracteriza por depósitos cuaternarios superficiales, incluyendo piroclastos, lahares y flujos de lava (Salinas et al., 2024).

Factores Condicionantes y Detonantes de los Movimientos en Masa

La ocurrencia de MM en Ecuador es producto de una interacción compleja de factores endógenos (condicionantes) y exógenos (detonantes).

- **Factores Geológicos y Geomorfológicos:**

- **Litología y Propiedades del Suelo/Roca:** Las características mecánicas de suelos y rocas, la presencia de discontinuidades y planos de falla, y el grado de fracturación y meteorización son fundamentales. Materiales como la cangahua (suelo volcánico endurecido), rocas metamórficas, y depósitos volcánicos son particularmente susceptibles. Se considera que la litología es uno de los parámetros más importantes para la estabilidad de taludes (Vasconez & Pacheco, 2023).
- **Morfología y Pendiente:** Las pendientes abruptas (entre 45-75° en Sigchos), los desniveles, y la disección del terreno son características comunes en las zonas afectadas. En el Ecuador, el valor máximo de pendiente obtenido es de 42.3°, y se valora en una escala de 0 a 5 según su potencial de generar MM (Bustillos et al., 2016).
- **Estructuras Geológicas:** La presencia de fallas geológicas desempeña un papel crucial al alterar el macizo rocoso mediante fuerzas de compresión y distensión. La actividad neotectónica y la reactivación de fallas profundas (ej. sistema de fallas Pilaló-Sigchos, falla Huayragunpo, lineamiento del río Toachi en Sigchos), o el sistema de fallas Pallatanga-Pujilí-Calacalí en Alausí son factores significativos (Bustillos et al., 2016).

- **Factores Climáticos e Hidrogeológicos:**

- **Precipitación:** La intensidad y frecuencia de las lluvias son los detonantes más importantes de los movimientos en masa en Ecuador. La presencia constante de agua en los taludes es un factor detonante clave. El Fenómeno de El Niño también contribuye a la inestabilidad por lluvias excepcionales.
- **Hidrogeología:** La litología, porosidad y permeabilidad de cada unidad litológica determinan la posibilidad de generar MM.

- **Erosión:** La erosión costera por incidencia del oleaje y la posterior falla masiva son mecanismos principales de erosión de acantilados (García, 2023).
- **Factores Tectónicos y Sísmicos:**
 - La actividad sísmica es un factor detonante importante. Ecuador posee una alta actividad sísmica asociada al proceso de subducción y a fallas activas corticales. Sismos históricos como el de Riobamba (1797, Mw 7.6) se han relacionado con el desencadenamiento de múltiples deslizamientos y represamientos de ríos (Eras, 2024).
- **Factores Antrópicos:**
 - Las intervenciones humanas en la costa, la construcción de vías de acceso en laderas con fuertes pendientes, cortes o excavaciones de laderas, deforestación, cambios en el uso del suelo, y la ocupación de zonas montañosas o asentamientos ilegales, alteran la estabilidad del terreno. La mala planificación del suelo y los asentamientos inapropiados en zonas de alto riesgo son problemáticos (Mejía & Troya, 2021).

Métodos de Investigación y Evaluación de Movimientos en Masa

La investigación y evaluación de MM en Ecuador ha evolucionado incorporando diversas técnicas y enfoques, desde métodos geofísicos hasta teledetección y mapeo de susceptibilidad.

- **Técnicas Geofísicas:**
 - **Sísmica Pasiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio):** Esta técnica es considerada una herramienta fundamental en la investigación geotécnica y el estudio de deslizamientos. Es valorada por su fácil aplicación, rápida interpretación y bajo coste, lo que permite investigar zonas amplias con un número reducido de ensayos. Ha sido validada para determinar la superficie de ruptura de deslizamientos y la estructura interna de la masa deslizante, incluso identificando zonas de fractura. También se ha aplicado en estudios del basamento rocoso y espesores de sedimentos. La técnica se basa en la medida del ruido sísmico o vibración ambiental con una sola estación. Aunque su resolución para modelos multicapa puede ser menor que otras técnicas sísmicas, el conocimiento geológico es crucial para la interpretación de los modelos. La amplificación direccional del ruido ambiental puede indicar la presencia de grietas o fracturas relacionadas con la inestabilidad (Martín et al., 2024).
 - **Otros Métodos Sísmicos:** La refracción sísmica y el método MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) son ampliamente utilizados y pueden complementarse con

HVSR para una mayor precisión y resolución en la definición de la superficie de ruptura (Martín et al., 2024).

- **Métodos Geoelectricos:** La tomografía eléctrica (ERT) y los sondeos eléctricos verticales (SEV) se emplean para delinear zonas de saturación, sistemas de fracturamiento y contrastes en resistividad que permiten identificar capas de materiales y su estructura (Costales, 2024).
- **Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG):**
 - **Vuelos fotogramétricos con tecnología UAV (Drones):** Utilizados para la identificación de tipos de deslizamientos y la generación de modelos digitales de terreno (MDT) para el análisis morfológico y de cambios topográficos.
 - **Imágenes Satelitales y Sensores Remotos:** Permiten el análisis multitemporal de las variaciones de la vegetación (ej. índices NDVI y SBI), cuerpos de agua y el incremento de actividades antropogénicas, siendo útiles para monitorear deslizamientos activos y generar inventarios geoespaciales (Mejía & Troya, 2021).
 - **Mapeo de Susceptibilidad a Movimientos en Masa:** La elaboración de mapas de susceptibilidad es un paso fundamental para la gestión del riesgo.
 - **Métodos Heurísticos:** Basados en el criterio de expertos y el análisis de factores condicionantes (litología, geomorfología, uso del suelo, pendientes, relieve, hidrogeología, etc.) a los que se les asignan valores ponderados. El Método de Ponderación de Parámetros es un ejemplo (Freire, 2024).
 - **Métodos Estadísticos:** Incluyen modelos como las redes neuronales artificiales (ANN MLP) para generar mapas de susceptibilidad rotacionales, y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para integrar factores (Freire, 2024).
 - **SIG:** Son herramientas esenciales para trabajar con metodologías de mapeo de susceptibilidad, permitiendo la integración de datos y operaciones de geoprocésamiento (Bravo et al., 2022).
- **Métodos Tradicionales y Directos:**
 - **Verificación de Campo:** Se utilizan fichas técnicas para caracterizar físicamente cada tipo de FRM.
 - **Perforaciones (Sondeos) e Instrumentación:** La ejecución de perforaciones y la instalación de piezómetros e inclinómetros son estudios tradicionales que permiten

definir la superficie de ruptura y obtener información para la toma de decisiones. Estos estudios directos se consideran un **contraste fundamental** para validar los modelos geofísicos.

- **Ensayos de Laboratorio e In Situ:** Se realizan ensayos de suelos (granulométricos, límite de Atterberg, triaxiales, corte directo) y rocas (descripción mesoscópica y microscópica) para caracterizar propiedades mecánicas y geotécnicas. El ensayo SPT (Standard Penetration Test) es comúnmente utilizado (García, 2023).

Impactos y Consecuencias de los Movimientos en Masa

Los movimientos en masa en Ecuador han tenido graves consecuencias en diversos ámbitos:

- **Impacto Humano:** Causan miles de pérdidas humanas. El deslizamiento de Sipetrol en Sigchos en 2016 resultó en cinco víctimas mortales. El deslizamiento de Alausí en 2023 también tuvo un impacto significativo en vidas humanas (Bustillos et al., 2016).
- **Pérdidas Económicas y Sociales:** Generan daños económicos y sociales cuantiosos, afectando propiedades y el producto interno bruto (PIB) del país. Pueden destruir infraestructuras críticas como carreteras, viviendas, y sitios históricos. La conectividad vial se ve afectada, impactando el comercio y los servicios.
- **Impacto Ambiental:** Deterioro de la infraestructura vial, pérdida de cultivos y terrenos cultivables, cambios significativos en el paisaje, e inaccesibilidad a fuentes de agua para consumo humano. Pueden llevar al abandono de pequeños núcleos urbanos. También afectan ecosistemas terrestres y acuáticos.

Discusión

La presente revisión consolida la evidencia de que los movimientos en masa son una preocupación geotécnica y de gestión de riesgos de primer orden en Ecuador. La combinación de factores geológicos intrínsecos como la litología variada (desde rocas metamórficas hasta depósitos volcánicos y suelos endurecidos como la cangahua), la actividad tectónica constante y sus fallas asociadas, y las condiciones climáticas extremas con intensas precipitaciones, crea un entorno de alta susceptibilidad a deslizamientos en todo el territorio ecuatoriano, desde sus costas hasta las cumbres andinas. Los impactos son generalizados, afectando tanto a las zonas urbanas como a las rurales, y ponen en riesgo vidas humanas, infraestructura vital y la economía nacional (Freire, 2024).

Se observa una clara evolución en las metodologías de investigación, con un creciente énfasis en la integración de técnicas geofísicas avanzadas como el HVSr, la tomografía eléctrica y el MASW. Estas técnicas indirectas ofrecen ventajas significativas en términos de tiempo de ejecución y costo, permitiendo la caracterización de grandes volúmenes de terreno y la delineación precisa de superficies de ruptura, incluso en etapas preliminares de estudio con información geológica limitada. Sin embargo, la efectividad de estas herramientas depende en gran medida del conocimiento y experiencia del interpretador, y se refuerza cuando se complementan con datos directos, como perforaciones y ensayos de laboratorio. Esta combinación es crucial para ajustar y validar los modelos geofísicos, especialmente donde los contrastes de impedancia sísmica son complejos o dentro del mismo medio geológico (Martín et al., 2024).

El uso de herramientas geomáticas y de teledetección, incluyendo vuelos fotogramétricos con UAV y análisis de imágenes satelitales (NDVI, SBI), ha demostrado ser invaluable para el monitoreo, la identificación y la elaboración de mapas de susceptibilidad. Los métodos heurísticos y estadísticos, apoyados por SIG, permiten una zonificación que es esencial para la planificación territorial y la prevención de desastres (Loja, 2024).

A pesar de los avances, la revisión también revela limitaciones y áreas de mejora. Existe una necesidad crítica de inventarios nacionales de movimientos en masa más sistemáticos y homogéneos, ya que la información actual es heterogénea e incompleta. La actualización y validación continua de los factores utilizados en los mapas de susceptibilidad, como el uso del suelo, la cobertura vegetal, la precipitación y la hidrogeología, son esenciales para mejorar la precisión de los resultados. Además, se recomienda la realización de análisis geotécnicos exclusivos para zonas específicas para obtener valores de cohesión y fricción más representativos, y estudios técnicos detallados antes de intervenciones como la apertura de vías en ecosistemas sensibles como los páramos. La investigación de la directividad del ruido ambiental para entender la compartimentación interna de los deslizamientos también se presenta como una línea prometedora (Mejía & Troya, 2021).

Conclusiones y Líneas de Investigación Futura

- Los movimientos en masa representan una amenaza geológica constante y multifactorial en Ecuador, impulsada por una compleja interacción de factores geológicos (litología, tectónica, geomorfología), climáticos (precipitación, El Niño) y antrópicos (cambio de uso del suelo,

infraestructura). La identificación y caracterización de diversas tipologías de deslizamientos, desde flujos de tierra y rotacionales en la costa hasta caídas de rocas y deslizamientos traslacionales en la sierra, es fundamental para una gestión del riesgo efectiva.

- El desarrollo y la aplicación de técnicas geofísicas, particularmente el método sísmico pasivo HVSR, han demostrado ser herramientas invaluable para la investigación de deslizamientos en Ecuador, ofreciendo una aproximación económica y rápida para la delineación de superficies de ruptura y la identificación de estructuras internas en las masas deslizantes. La integración de múltiples métodos de investigación (geofísicos, teledetección y directos como sondeos y ensayos de laboratorio) es crucial para obtener modelos más precisos y robustos del subsuelo y la estabilidad de taludes.
- La elaboración de mapas de susceptibilidad mediante SIG y métodos heurísticos o estadísticos es un pilar para la planificación territorial y la toma de decisiones informadas, permitiendo la identificación de áreas críticas y la orientación de recursos para medidas de prevención y mitigación. Sin embargo, la calidad y actualización de la información de entrada para estos mapas son determinantes para su fiabilidad.

De cara al futuro, se proponen las siguientes líneas de investigación para fortalecer la gestión del riesgo por movimientos en masa en Ecuador:

- Mejorar y sistematizar los inventarios nacionales de movimientos en masa mediante la aplicación consistente de teledetección y verificación de campo, para obtener una base de datos más completa y homogénea que sirva como validador óptimo para los mapas de susceptibilidad.
- Realizar estudios geotécnicos y geofísicos más detallados y específicos en zonas de alta susceptibilidad, incluyendo perforaciones y ensayos de laboratorio con condiciones de humedad reales, para obtener parámetros mecánicos del suelo más precisos y ajustar los modelos de estabilidad.
- Continuar explorando la aplicación de análisis de directividad del ruido ambiental en estudios HVSR para comprender mejor la compartimentación interna y las estructuras de fractura en las masas deslizantes.
- Desarrollar modelos predictivos más complejos que integren la dinámica de factores detonantes como las precipitaciones y la sismicidad con las propiedades intrínsecas del

terreno, incluyendo la valoración de la viabilidad técnica de intervenciones en ecosistemas sensibles.

- Fomentar la colaboración interdisciplinaria entre geólogos, ingenieros geotécnicos, planificadores territoriales y autoridades locales para asegurar que los resultados científicos se traduzcan en políticas públicas y medidas de mitigación efectivas que promuevan la resiliencia de las comunidades.

Referencias

1. Alexandra, P., & Iza, P. (2022). CARTOGRAFÍA DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DEL VALLE DE LA ARMENIA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.
2. Barberán, G. (2019). SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA COMUNIDAD DE NARANJAL DE LA PARROQUIA ABDÓN CALDERÓN, PORTOVIEJO.
3. Barrantes, G. (2010). LECCIONES APRENDIDAS EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESLIZAMIENTOS. Universidad Nacional de Costa Rica, 1–25.
4. Bravo, E., Fernández, T., Sellers, C., & Delgado, J. (2022). Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos en la zona de Cuenca, Ecuador mediante la aplicación de una red neuronal artificial. 1–13.
5. Bustillos, J., Arciniega, F., Freire, A., Iles, M., Masapanta, E., & Toro, E. (2016). CARACTERIZACIÓN DE LOS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM): SIGCHOS-ECUADOR. 8.
6. Castillo, A., Mendoza, B., & Jiménez, M. (2023). EVOLUCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA DE TIERRA Y SUS CONSECUENCIAS EN LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE POMPEYA Y CALIATA (ECUADOR). In América Latina ante los (nuevos) retos de la justicia social y ambiental. (pp. 1–19). ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE GEOGRAFÍA. <https://doi.org/10.21138/al/2023.19>
7. Chunga, K. (2024a). DEFORMACIÓN DINÁMICA DE DESLIZAMIENTOS EN LOS ANDES ECUATORIANOS.
8. Chunga, K. (2024b). MITIGACIÓN A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

9. Córdova, J., & Choez, D. (2021). ESTUDIO Y DISEÑO PARA ESTABILIZAR LOS DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO TAMBÁN CANTÓN CHIMBO.
10. Costales, D. (2024). INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTOS, PUNGALAPAMPA-PUNINHUAYCO-ALAO, CHIMBORAZO, ECUADOR.
11. Cristina, N., Ayala, P., Vinicio, O., & Collahuazo, G. (2024). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE MÉTODOS DE ZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PALLATANGA, ECUADOR (SCALE 1:50,000) (Vol. 9, Issue 3).
12. Darío, I., & Sabogal, A. (2014). IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REMOCIÓN EN MASA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, COLOMBIA.
13. Eras, L. (2024). DETERMINACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ECUADOR, A ESCALA 1:1'000.000, UTILIZANDO EL MÉTODO DE PONDERACIÓN DE PARÁMETROS.
14. Estrella, O. (2016). ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASA MEDIANTE USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PARROQUIA URBANA SAN JOSÉ, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA. Universidad de Loja.
15. Freire, H. (2024). CARTOGRAFÍA DE SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS EN MASA CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO HEURÍSTICO, CASO DEL ESTUDIO DEL BARRIO SANTA ROSA DE POMASQUI.
16. García, J. (2023). CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE UN MOVIMIENTO EN MASA EN EL SECTOR NUEVA PROSPERINA, GUAYAQUIL-ECUADOR.
17. Loja, C. (2024). EVALUACIÓN Y MAPEO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS PARA UNA VÍA DE SEGUNDO ORDEN EN LOS ANDES DEL SUR DEL ECUADOR.
18. Martín, O., Pandavenes, A., Javier, F., & Echarri, T. (2024). TÉCNICAS DE SÍSMICA PASIVA HVSR APLICADAS A LA GEOTECNIA. Aplicación al estudio de Movimientos en Masa en la Planificación Territorial e Infraestructura Civil en Ecuador.

19. Mejía, L., & Troya, J. (2021). EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASAS POR DESLIZAMIENTOS MEDIANTE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN NDVI Y SBI DEL CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO" AUTORES.
20. Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 19(3), 247–255.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2022.031>
21. Quinche, E. (2013). GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25000, GEOMORFOLOGÍA.
22. Salinas, I., Paucar, A., Quiñónez-Macías, M., Grau, F., Barragán-Taco, M., Toulkeridis, T., & Chunga, K. (2024). Geotechnical and Geophysical Assessment of the 2021 Tamban Chimbo Landslide, Northern Andes of Ecuador. *Geosciences (Switzerland)*, 14(4), 1–19.
<https://doi.org/10.3390/geosciences14040104>
23. Vasconez, F., & Pacheco, D. (2023). OBSERVACIONES SOBRE EL DESLIZAMIENTO DEL 26 DEMARZO DE 2023 EN ALAUSÍ (PROVINCIA DE CHIMBORAZO).
www.igepn.edu.ec;
24. Velásquez, C., Villares, F., & Carranci, F. (2013). “MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL ECUADOR, ESCALA 1:1’000.000 (ESTUDIO PRELIMINAR).” www.inigemmm.gob.ec
25. Zambrano, K. (2019). SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS CERROS DEL CASCO URBANO DEL CANTÓN ELOY ALFARO (DURÁN).