

**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y  
AMENAZAS/PELIGROS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL  
CANTÓN PALLATANGA, ESCALA 1:50.000**

**EVALUATION AND ZONING OF SUSCEPTIBILITY AND THREATS/HAZARDS  
DUE TO MASS REMOVAL PHENOMENA IN THE PALLATANGA CANTON,  
SCALE 1:50,000**

Nataly Cristina Pavón Ayala<sup>1</sup>  
Oscar Vinicio Garzón Collahuazo<sup>2</sup>

**Resumen**

La presente investigación tuvo como Evaluar la susceptibilidad y amenaza/peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, de campo, descriptivo, cuyo propósito fue evaluar y zonificar áreas susceptibles a amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa, y la muestra de estudio estuvo conformada por los factores condicionantes y detonantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Las conclusiones confirman que en el cantón Pallatanga presenta un El modelo de susceptibilidad desarrollado con el método de Brabb señala: un nivel de amenaza elevado en las áreas de Jaluví, La Cruz, Los Santiagos, Ayazamba y Palmital de Asocoto. Un nivel de amenaza moderado en la zona central del cantón y un nivel bajo en la zona oriental. Asimismo, el mapa creado usando el método de Brabb es considerablemente más preciso para determinar el nivel de susceptibilidad, ya que se basa en un inventario de FRM. Presenta concordancia con los mapas elaborados por el método de Mora Varhson modificado que se crearon exclusivamente a través de la asignación de valores ponderados. De igual forma, es importante realizar estudios de uso de suelos a escala detallada para obtener mejor información de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de los FRM.

**Palabras clave:** Geomorfología, Fenómenos de remoción en masa, Evaluación y zonificación, Fotointerpretación, Precipitaciones.

**Abstract**

The purpose of this investigation was to evaluate the susceptibility and threat/danger of the Pallatanga canton due to mass removal phenomena. The methodology was based on a quantitative, field, descriptive approach, whose purpose was to evaluate and zone areas susceptible to threats/hazards due to mass removal phenomena, and the study sample was made up of the conditioning and triggering factors for the occurrence of mass removal phenomena. The conclusions confirm that in the Pallatanga canton there is a high level of threat in the areas of Jaluví, La Cruz, Los Santiagos, Ayazamba and Palmital de Asocoto. A moderate threat level in the central area of the canton and a low level in the eastern area.

Recibido: 10 de mayo de 2024 /Evaluación: 12 de junio de 2024 / Aprobado: 29 de junio de 2024

---

<sup>1</sup> Ingeniera en Geología. Email: [Natycris\\_88@hotmail.com](mailto:Natycris_88@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniero en Geología. Email: [ovgarzon@hotmail.com](mailto:ovgarzon@hotmail.com)

Additionally, the map created using the Brabb method is considerably more accurate in determining the level of susceptibility, since it is based on an inventory of FRM. It presents agreement with the maps prepared by the modified Mora Varhson method that were created exclusively through the assignment of weighted values. Likewise, it is important to carry out land use studies on a detailed scale to obtain better information on the areas with the highest probability of occurrence of FRM.

**Keywords:** Geomorphology, Phenomena of mass movement, Evaluation and zoning, photointerpretation, Precipitation.

### Introducción

Los fenómenos naturales, desde épocas remotas, han causado graves consecuencias a nivel global: huracanes, deslizamientos, erupciones, sismos, entre los más destacados que, al atravesar diversas ciudades, acabaron con vidas humanas y afectaron su economía, ya que es uno de los fenómenos más frecuentes en el planeta son los deslizamientos de tierra. De manera que, Ecuador ha documentado eventos de movimientos en masa, vinculados a procesos internos y externos de la tierra, los cuales dependen de múltiples factores, tanto internos como externos, que pueden ser vistos como condicionantes y detonantes (Avilés-Ponce et al., 2017).

En la región cordillerana, uno de los factores condicionantes son las fallas geológicas, las que producen la ruptura del macizo rocoso, debido a las fuerzas de compresión y distensión, produciendo variaciones en las propiedades físico-mecánicas de las rocas, afectación que permite que agentes erosivos como el agua y el viento, completen la pérdida de dichas propiedades. Además, se establece como factor detonante principal las precipitaciones, las que en los meses de máxima intensidad saturan el suelo, haciendo que éste tenga un comportamiento diferente.

Desde esta perspectiva, Gómez et al. (2023) en su investigación lograron reconocer que las elevadas pendientes, la geología, el cambio en el uso del suelo y las intensas lluvias en cada zona geográfica son factores clave para su elevado peligro, sumado a los altos grados de vulnerabilidad en ciertas áreas y manzanas, lo que hace que los índices de riesgo aumenten; además, detectan que hay personas que no reconocen el riesgo, a pesar de haber experimentado un desastre recientemente o de residir en un área de alto peligro. Por otra parte, los escasos niveles de percepción del riesgo se deben a la memoria limitada sobre desastres, a la creencia de que un evento tan grave no sucederá nuevamente en el corto plazo, o al desconocimiento de las dinámicas y riesgos de la región, dado que esto es más común en personas que han habitado por poco tiempo en las zonas de riesgo.

Por otro lado, Avilés et al. (2017) sostiene que las inadecuadas prácticas de uso del suelo en el área de estudio han acelerado la erosión del terreno, aumentando la carga de sedimentos en ríos y arroyos, además de causar un desgaste de los suelos, lo que provoca la expansión de las fronteras agrícolas y la persistente eliminación de la vegetación natural. Por eso, la ausencia de investigaciones técnicas y una planificación urbana deficiente llevó a que se construyese infraestructura en áreas de riesgo que son afectadas por diferentes eventos adversos que ocurren en el territorio.

Asimismo, Tarazona et al. (2019) sostienen que la evaluación del efecto de la materialización del riesgo en los niveles alto y muy alto muestra que los daños o efectos probables son consecuencia del incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, resultado de la alteración en las condiciones atmosféricas conocida

como cambio climático, lo que ha provocado la aparición de eventos como deslizamientos de tierra. Por lo tanto, las acciones de control para disminuir los daños provocados por el fenómeno de movimientos en masa se enfocan en las acciones estructurales que incluyen la construcción de muros de contención en las vías, la reforestación en áreas altamente erosionables, y sistemas de drenaje pluvial; y las acciones no estructurales que consisten en el fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, la creación de planes y estrategias.

Por su parte, Sbroglia et al. (2018) señala que una evaluación de la vulnerabilidad a movimientos en masa normalmente se fundamenta en el análisis de la relación entre la ubicación de las zonas de deslizamientos y la distribución espacial de un amplio conjunto de factores predisponentes, que generalmente incluyen características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas, así como del suelo/cobertura terrestre determinadas mediante diversas técnicas. Asimismo, se están desarrollando nuevos métodos y versiones híbridas de técnicas ya existentes, ya que los resultados de la evaluación de susceptibilidad y los mapas derivados son sensibles a diversos factores: la configuración del modelo, la estrategia de muestreo, los condicionantes elegidos y la resolución espacial (Liu et al. 2019).

De igual manera, los movimientos en masa constituyen un proceso complicado que está afectado por múltiples elementos que abarcan características morfométricas como el ángulo/aspecto o la inclinación de la pendiente, la hidrografía como la densidad de la red fluvial o la proximidad a los ríos, la geología/litología, los suelos, el uso/cobertura del suelo, la distancia a las fallas y cuestiones similares (Westen et al. 2008). Asimismo, la selección de los factores que condicionan los deslizamientos está influenciada por la distribución en mapa o escala espacial (Zézere et al. 2017).

Por ello, Pourghasemi et al. (2018) sostienen que los movimientos en masa representan uno de los principales peligros ambientales que se producen de manera natural o por intervención humana, con efectos sociales, económicos y ambientales a gran escala. También, la indagación de la zonificación de vulnerabilidad de estos fenómenos que se ha llevado a cabo ampliamente en las últimas décadas, facilita la identificación de áreas propensas a deslizamientos de tierra, las cuales podrían ser aprovechadas para la planificación del uso del suelo y la gestión territorial.

En este sentido, el cantón Pallatanga, ubicado sobre una zona de fallas geológicas conocidas como Pallatanga - Cañi - Chimbo y Bulu - Bulu, constituye un área susceptible a la ocurrencia de FRM y sismos, ya que en la actualidad para evitar pérdidas humanas y daños materiales surgió la necesidad de realizar una evaluación y zonificación de los fenómenos de remoción en masa que apoye la elaboración de una planificación territorial, correcto uso del suelo y gestión de riegos. De manera que, el presente estudio proporciona una mejor visión de los FRM, que existen en la zona de estudio y permitirá determinar el grado de susceptibilidad y de amenaza/peligro dentro del área de investigación.

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la susceptibilidad y amenaza/peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa, además se logró realizar un análisis de la susceptibilidad de los fenómenos remoción en masa mediante el método de Brabb y Mora Varhson modificado. De manera que, el estudio permitió de manera conjunta con todas las instituciones responsables de la gestión de riesgos, ordenamiento territorial y de investigación; poder generar información que sea útil para las comunidades asentadas en zonas susceptibles a la ocurrencia de FRM.

## **Metodología**

### **Enfoque metodológico**

La presente investigación estuvo dada bajo un enfoque cuantitativo, porque se busca recabar y expresar la información de las variables de interés a través de cantidades numéricas, las cuales tienen su origen en un procedimiento de medición que hará posible el uso de técnicas estadísticas para poder tener una aproximación lo más objetiva posible del fenómeno o problema bajo estudio (Rodríguez, 2018).

### **Tipo de estudio**

La naturaleza de la presente investigación fue de campo de tipo descriptivo, cuyo propósito es evaluar y zonificar áreas susceptibles a amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa, determinar los factores condicionantes y detonantes de dichos fenómenos; además es considerado de tipo prospectivo ya que en base a investigaciones exploratorias los resultados apoyarán a la gestión de riesgos del cantón Pallatanga.

### **Población y muestra**

La población estuvo constituida por el área del cantón Pallatanga y la muestra de estudio estuvo conformada por los factores condicionantes y detonantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

### **Técnica de recolección de datos**

Se tomó en consideración la revisión, análisis y evaluación de la información generada por diversas entidades como el INAMHI, INIGEMM, IEE, MAGAP, IG-EPN, además, la comprobación de campo del cantón Pallatanga. Asimismo, De igual forma, se utilizó como fuente secundaria de información diversas bases de datos tales como Scopus, Dialnet, Google Scholar, Sciencedirect, entre otras.

### **Análisis de datos**

Partiendo de las características climáticas del cantón Pallatanga provenientes de la hoja de cálculo en Microsoft Excel 2010, elaborada por el Ing. Napoleón Burbano (INAMHI – 2008), También, se tomó en cuenta el método de Brabb y Mora Varhson modificado para el análisis de la susceptibilidad de los fenómenos remoción en masa mediante.

## **Resultados**

Para la determinación del grado de susceptibilidad, amenazas y/o peligro a fenómenos de remoción en masa del cantón Pallatanga, se empleó el método de Mora - Varhson modificado establecido por el IEE y modificado según las consideraciones y necesidades identificadas. Según las observaciones realizadas en trabajo de campo y los FRM existentes en el cantón Pallatanga, se estableció las siguientes ponderaciones para determinar el grado de amenaza por tipo de movimiento en masa:

Para este método se consideró el mapa de pendientes, clasificado en grados, de tres rangos <15o, 15o a 45o y >45o, que luego del procesamiento se obtuvo: el mayor porcentaje de área deslizada tiene un rango de pendiente > 15o, asignando a este rango un valor ponderado de tres, indicando que la pendiente favorece a la presencia de movimientos en masa en el sector, en un rango de pendiente de > 45o, existe un menor porcentaje de área deslizada, tomando un valor ponderado de 1.

El mapa de inventario de FRM (considerado como segundo factor analizado por este método), obtenido a través de observaciones de campo, y fotointerpretación; tiene el mayor valor de ponderación tres. Sin considerar el tipo de evento ocurrido.

Se considerada como tercer factor el análisis de la litología, ponderado de la siguiente manera:

Tabla 1. Litología ponderada (método Brabb).

| <b>Tipo de Litología</b>                                                                                                             | <b>Valor ponderado</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Basaltos, tobas, areniscas volcánicas, lavas en almohadillas. (unidad Pallatanga)                                                    | 1                      |
| Limolitas masivas gris oscuras, lutitas fisiles, intensamente deformadas. (Formación Yunguilla)                                      | 2                      |
| Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas y tobas volcánicas. (unidad Macuchi)                                                   | 1                      |
| Secuencia silisiclastica de relleno. (grupo Angamarca)                                                                               | 1                      |
| Lutitas, limolitas y areniscas de grano grueso feldespáticas. (formación Apagua)                                                     | 2                      |
| Rocas volcánicas intermedias a acidas. (grupo Saraguro)                                                                              | 1                      |
| Sedimentos volcanoclasticos gruesos, lavas andesíticas y dacíticas. (formación Cisarán)                                              | 1                      |
| Granodiorita. (intrusivo Granodiorítico)                                                                                             | 1                      |
| Clastos redondeados de origen volcánico.(depósitos aluviales)                                                                        | 1                      |
| Clastos redondeados a subangulosos de rocas sedimentarias y volcánicas, en una matriz areno arcillosa. (depósitos coluvio aluviales) | 1                      |
| Clastos angulosos a subangulosos, de origen volcánico y sedimentario dentro de una matriz arenosa. (depósitos coluviales)            | 3                      |

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

Teniendo una mayor susceptibilidad para la ocurrencia de FRM, las litologías asociadas a depósitos coluviales con un valor ponderado de (3) y un valor ponderado de dos (2) para las formaciones Yunguilla, que se encuentra en el sector, fallada y meteorizada; la formación Apagua, que locamente corresponde a limos, lutitas y areniscas muy meteorizadas.

Mediante la superposición de mapas, se obtuvo:

| <b>Grado de amenaza</b> | <b>Superficie (ha)</b> | <b>Superficie (%)</b> |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| <b>Alto</b>             | 656                    | 2                     |
| <b>Medio</b>            | 10603                  | 28                    |
| <b>Bajo</b>             | 25992                  | 70                    |

Las zonas más susceptibles a presentar FRM se encuentran ubicadas en la parte central del cantón, asociada principalmente a depósitos coluviales y a FRM, existentes en el inventario.

La zona con susceptibilidad media a presentar FRM es la parte central y nor - occidental del cantón, asociada al sistema de fallas Cañi, Pallatanga, Bulu- Bulu, y a la litología de las formaciones Yunguilla y Apagua. La zona con menor susceptibilidad está ubicada en la parte oriental del cantón, relacionada a los relieves volcánicos de la formación Cisarán.

### **Uso y cobertura**

El mapa de cobertura vegetal escala 1:50000 proporcionado por el MAGAP (2011), sirve como base en la ponderación de valores para el método de Mora Varhson modificado, considerando cuatro categorías que se describen a continuación:

- Alta cobertura se considera a bosques y cultivos permanentes, que corresponde al 10,7% de la superficie total del cantón Pallatanga con aproximadamente 11319 ha, localizados en la parte este; cuya ponderación para deslizamientos, caídas, flujos y reptación; tiene un valor de (1), lo que quiere decir que esta zona por el tipo de vegetación existente, tiene poca probabilidad para la ocurrencia de estos fenómenos.
- Apenas el 0,2% de la superficie del cantón posee mediana cobertura, relacionada principalmente a la actividad antrópica (infraestructura, cuerpos de agua, etc.), cuyo valor ponderado para los cuatro eventos mencionados es de (1). Indicando una ocurrencia a FRM baja.
- Con el calificativo de baja cobertura se considera a la vegetación arbustiva, herbácea, páramos, cultivos semipermanentes, cultivos anuales y agropecuarios mixtos, que en el cantón Pallatanga alcanzan las 93485 ha., siendo la cobertura predominante en esta parte de la región andina y distribuida uniformemente en todo el cantón. El valor ponderado para deslizamientos y caídas es (2), indicando una mayor susceptibilidad a presentar estos eventos. Para flujos y reptación el valor ponderado corresponde a (3), indicando una mayor inestabilidad por erosión hídrica. Esto hace que existan flujos y reptaciones.
- A las zonas erosionadas, o en proceso de erosión, se las considera sin cobertura, debido a la escasa vegetación que presentan. No alcanza el 1% y se encuentran ubicadas al sur - este del cantón Pallatanga. El valor ponderado para deslizamientos y caídas es (3), lo que indica sectores con alta incidencia a estos fenómenos, debido a procesos erosivos existentes.
- El valor ponderado para flujos y reptaciones es (4), indicando una alta incidencia de erosión y susceptibilidad a la presencia de los FRM.

### **Sismicidad**

A través del inventario de sismos ocurridos en el país desde el año 1988 hasta el 2013, se interpolaron los datos de magnitud, obteniendo un mapa de isosistas con intervalos de 0,1 (escala de Richter), considerado como un factor detonante para el modelo de Mora Varhson modificado. Cabe recalcar que las magnitudes sísmicas registradas en el cantón Pallatanga van desde 4,0 a 4,4 en la escala Richter, según los datos proporcionados por el Instituto Geofísico EPN.

En el mapa se puede diferenciar dos rangos de ponderación:

Para las magnitudes en un rango de 4,0 a 4,3 se asignó un valor ponderado de (1); ubicado en la parte sur del cantón. Lo que nos indica un valor menor de magnitud sísmica.

La magnitud mayor a 4,3 corresponde a un valor ponderado de (2), localizado en la parte central y norte cubriendo la mayor área del cantón, refiriéndose a una magnitud sísmica mayor a la anterior.

Tabla 2. Magnitud ponderada.

| Magnitud   | Ponderación |
|------------|-------------|
| <4,0 – 4,3 | 1           |
| >4,4 - 4,3 | 2           |

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

### **Amenazas y/o peligros a procesos de fenómenos remoción en masa mediante el método de Mora-Varhson**

**Amenaza por deslizamientos.** El modelo de amenaza para deslizamientos aplicado al cantón Pallatanga presenta cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo, localizándose el nivel de amenaza más alto principalmente en la parte central del cantón.

**Tabla 3.** Amenaza por deslizamientos (método de Mora Varhson modificado).

| Grado de amenaza | Superficie (ha) | Superficie (%) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Muy Alto         | 6452            | 16             |
| Alto             | 12183           | 32             |
| Medio            | 10564           | 28             |
| Bajo             | 8974            | 24             |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Superficie total del cantón | 38173 ha |
|-----------------------------|----------|

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

La zona con grado de amenaza muy alto cubre aproximadamente 6452 ha, correspondientes al 16% de la superficie total del cantón, y contempla los deslizamientos más representativos localizados en la parte centro-norte del cantón, en los sectores La Cruz y Trigoloma, afectando un área de 42 ha. Al sur del cantón Pallatanga se encuentra el deslizamiento Jaluví con 120 ha aproximadamente; en el sector de Los Santiagos en total existen aproximadamente 33 ha afectadas. El tipo de cobertura circundante a los deslizamientos en general corresponde a pasto cultivado, vegetación herbácea y cultivos anuales como maíz; así como también a la existencia de geoformas que superan el 40% de pendiente y desnivel relativo superior a 150 m, factores que aumentan la inestabilidad del terreno.

Existen 12183 ha pertenecientes al grado de amenaza alto, que corresponden al 32% de la superficie total del terreno, localizándose principalmente en la parte nororiental y suroriental del cantón, en los poblados Sillagoto, Los Santiagos, Marcupamba,

Guaro Grande, Gahuín Chico, Multitud y en la zonas circundantes al poblado de Pallatanga. Asociados a una pendiente predominante del 40 a 70%.

El grado de amenaza medio se encuentra distribuido uniformemente por todo el cantón con 10 564 ha, correspondientes al 28% de la superficie total del cantón representadas por un factor morfométrico bajo no representativo para que la amenaza sea alta o muy alta, además el tipo de cobertura predominante es la vegetación arbórea formada por bosques que favorece a la estabilidad del terreno.

La zona con grado de amenaza bajo abarca 8 974 ha, que representan un 24% de la superficie total de la zona de estudio. Las zonas pertenecientes a este grado de amenaza son: el poblado de Pallatanga, Villabamba, Los Llanos, San Francisco y Santa Ana Sur.

La amenaza baja posee factores morfo-métricos con rangos bajos, debido a que las geoformas tienen una pendiente menor al 25% en general y desniveles relativos menores a 50 metros; el tipo de cobertura vegetal predominante son bosques naturales y plantados y áreas urbanas que reducen el riesgo a la ocurrencia de este fenómeno.

El tipo de geoforma que abarca este grado de amenaza corresponde a valles aluviales, valles indiferenciados, terrazas altas, medias y bajas, así como relieves que poseen una pendiente inferior al 12%; no se han establecido amenazas debido a que los factores condicionantes y detonantes no muestran valores significativos.

**Amenaza por caídas.** El modelo de amenaza para caídas aplicado al cantón Pallatanga también presenta cuatro niveles de amenaza: muy alto, alto, medio y bajo, presentándose principalmente al noroccidente del cantón.

Tabla 4. Amenaza por caídas (método de Mora Varhson modificado).

| Grado de amenaza | Superficie (ha) | Superficie (%) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Muy Alto         | 458             | 1              |
| Alto             | 14055           | 37             |
| Medio            | 9254            | 24             |
| Bajo             | 14406           | 38             |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Superficie total del cantón | 38173 ha |
|-----------------------------|----------|

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

El grado de amenaza muy alta se encuentra principalmente en los sectores de Balazul, alrededor del poblado de Pallatanga, Panza Redonda y Panza Chico.

Afecta un área de 458 ha, representan apenas el 1 % de la superficie total del cantón. Las zonas afectadas se encuentran asociadas a una geomorfología relacionada directamente a pendientes que sobrepasan el 100% y desniveles relativos sobre los 300 m; geológicamente está asociada a la formación Yunguilla constituida por limolitas de color gris, lutitas físlas intensamente deformadas.

El alto grado de amenaza representa valores morfométricos elevados, debido a que estas geoformas poseen pendientes muy fuertes (70 a 100%) y desniveles sobre los 200 m. La mayor ocurrencia de este evento se localiza sobre litologías de las formaciones Yunguilla y Apagua, grupo Angamarca y unidad Pallatanga, y, en menor, proporción a las formaciones Cisarán y formación Macuchi que presentan litologías más competentes que las anteriores. La actividad sísmica es un factor influyente en la ocurrencia de este

evento, en tanto que las altas precipitaciones registradas en los meses de diciembre a marzo, crean un ambiente ideal para la ocurrencia de caídas de material ya sea en bloques o detritos dentro de los sectores mencionados.

Este fenómeno amenaza a un 37% de la superficie del cantón Pallatanga, pues, abarca un total de aproximadamente 14055 ha.

La zonas con grado de amenaza medio se localizan principalmente al occidente sobre la formación Macuchi, con pendientes escarpadas de rango 100-150% y desnivel relativo por sobre los 200 m. En la parte este del cantón, se observan relieves desarrollados sobre la formación Cisarán que poseen características morfo - métricas similares a las anteriores. Los sectores más relevantes que se ven afectados por este grado de amenaza son: Asociación Agrícola Rosas, Bushcud, Jesús del Gran Poder, San Francisco de Pindorata y San Nicolás.

En total afecta un área de 9254 ha, que representa un 24 % de la superficie total del cantón Pallatanga.

La zona con grado de amenaza bajo se encuentra en la parte sureste del cantón en los sectores: Pallatanga, Jaluví, Camotal, Sillagoto, El Mirador, y Villabamba, entre otros. Este tipo de evento con este grado de amenaza, pertenece a una geomorfología con bajo rango de pendiente (no superior al 12%) y desnivel relativo que no sobrepasa los 50 m, considerándose como zonas estables a relieves colinados bajos y muy bajos, ubicados en el cantón.

Este grado de amenaza afecta un área de 14406 ha equivalente al 38% el área total del cantón.

**Amenaza por flujos.** El modelo de amenaza para flujos aplicado al cantón Pallatanga presenta cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo, localizándose principalmente en la parte noroccidental y suroriental del cantón.

Tabla 5. Amenaza por flujos (método de Mora Varhson modificado).

| Grado de amenaza | Superficie (ha) | Superficie (%) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Muy Alto         | 4822            | 13             |
| Alto             | 13043           | 34             |
| Medio            | 5230            | 14             |
| Bajo             | 15078           | 39             |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Superficie total del cantón | 38173 ha |
|-----------------------------|----------|

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

Las zonas con grado de amenaza muy alto afectan un 13% (4822 ha.) de la superficie intervenida del cantón (38173 ha.) y se ubican en los sectores San Francisco de Trigoloma, La Cruz, Panza Redonda, San Vicente de Chalo, Rancho Alegre, Jiménez, Azazan, Palmas, San Juan de Trigoloma, Jipangoto, San Vicente de Jipancoto y Balazul.

Las zonas afectadas se encuentran asociadas principalmente a los relieves de la formación Yunguilla, formada por limolitas grises, lutitas fisiles, intensamente deformadas, a la formación Apagua asociada a lutitas, limolitas y areniscas de grano grueso; geomorfológicamente se evidencian pendientes predominantes muy fuertes (40 al 100%). La cobertura vegetal predominante en estos sectores está asociada a pasto

cultivado y áreas en proceso de erosión, ambiente propicio para la ocurrencia de este fenómeno.

Las zonas con grado de amenaza alto se localizan al nororiente y al sur oriente, en los sectores Huertos Guayabal, Los Santiagos, El Ensilado, Bushcud; mientras que en la parte occidental está asociada a lutitas fisiles, intensamente deformadas de la formación Yunguilla, en los poblados Santa Ana Norte, Camotal y La Tigrera.

Este grado de amenaza se encuentra en relieves colinados muy altos y relieves montañosos con pendientes superiores a 70% y desniveles desde los 200 m.

Las zonas con grado de amenaza alto afectan al 34% (13043 ha.) de la superficie intervenida del cantón, la cobertura vegetal predominante en este tipo de amenaza está asociada a cultivos de ciclo corto, pasto cultivado, pasto natural y vegetación arbustiva.

Las zonas con grado de amenaza medio se encuentran distribuidas al occidente y centro-sur del cantón, involucrando los sectores: Yucapamba, Estación Multitud, Maguazo y San Jorge, con un total de 5230 ha., correspondientes al 14% de la superficie intervenida del cantón.

Las unidades morfológicas existentes en estos sectores corresponden a relieves colinados muy altos, altos y medios de la formación Macuchi y relieves volcánicos de la formación Cisarán, asociadas en su gran mayoría a pastos cultivados, bosque húmedo, con pendientes que no exceden el 40%, limitante para que no existan grados de amenaza altos.

Las zonas con grado de amenaza bajo corresponden a superficies, relieves colinados bajos y a depósitos aluviales como valles. Este tipo de geoformas posee pendientes menores al 25%, por lo que no presentan las condiciones necesarias para que se suscite este tipo de movimiento.

Esta zona tiene un total de 15078 ha., que representa el 39% de la superficie intervenida del cantón. Los poblados localizados dentro de la amenaza de bajo grado son el poblado de Pallatanga, San Nicolás, Ayazamba, Florida, Jaluví, Yanacocha y Guaro Grande.

**Amenaza por reptación.** El modelo de amenaza para reptación aplicado al cantón Pallatanga, presenta cuatro niveles de amenaza: muy alto, alto, medio y bajo.

Tabla 6. Amenaza por reptación (método de Mora Varhson modificado).

| Grado de amenaza | Superficie (ha) | Superficie (%) |
|------------------|-----------------|----------------|
| Muy Alto         | 3644            | 10             |
| Alto             | 13611           | 36             |
| Medio            | 5777            | 15             |
| Bajo             | 15141           | 39             |

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Superficie total del cantón | 38173 ha |
|-----------------------------|----------|

Fuente: Pavón y Garzón (2024).

La zona con grado de amenaza muy alto se encuentra puntualmente en sector La Cruz-Trigoloma, dentro de los deslizamientos, evidenciando la reactivación de los mismos, asociado principalmente a las lutitas fisiles de la formación Yunguilla, y distribuidos por todo el cantón pero con menor afectación en poblados o vías. La cobertura vegetal consta de bosque intervenido y vegetación arbustiva, así como cultivos de ciclo corto. Las

geoformas inmersa en esta amenaza corresponden a todo tipo de relieve constituido por la formación Yunguilla y en menos proporción por la formación Apagua, de 100 a 200 m de desnivel relativo y pendientes de 40 a 70%. Existe un total de 3 644 ha. que representan el 10% de la superficie total del cantón.

Las zonas con grado de amenaza alta se encuentran principalmente en la parte nororiental y suroriental, representando un 36% (13611 ha.), de la superficie intervenida del cantón.

Las geoformas vinculadas a este grado de amenaza, son relieves volcánicos de la formación Cisarán, relieves colinados y montañosos de las formaciones Apagua y Yunguilla y la unidad Pallatanga con pendientes de 40 a 100%. El grado de incidencia depende mucho del tipo de cobertura vegetal que existe en la zona de estudio, para este caso se tiene pasto natural con vegetación arbustiva, pasto cultivado y cultivos de ciclo corto. Los poblados localizados dentro de este tipo de amenaza son: Rancho Alegre, Villabamba, Jesús del Gran Poder, El Olivo, Palmital de Asocoto, Santa Isabel, La Victoria, El Ensellado y Los Santiagos, entre otros.

Las zonas con grado de amenaza media se encuentran distribuidas uniformemente por todo el cantón, principalmente en los sectores Sillagoto, Estación Multitud, San José, Cochapamba y Mocata, que afectan un total de 5777 ha, correspondientes al 15% de la superficie intervenida del cantón.

Las zonas con grado de amenaza bajo, están asociadas a valles aluviales, terrazas altas, medias y bajas las que geológicamente pertenecen a depósitos aluviales y a relieves colinados medios y bajos de la formación Yunguilla y Cisarán, unidad Pallatanga y grupo Angamarca; además poseen pendientes inferiores al 25%, por lo cual esta zona tiene un escenario totalmente desfavorable para la ocurrencia de este evento. Este grado de amenaza afecta a 15028 ha., que representan el 39% de la superficie intervenida del cantón.

### **Discusión**

Tomando en consideración el objetivo del presente estudio que permitió evaluar la susceptibilidad y amenaza/peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa, se tiene que, para prevenir pérdidas humanas y daños materiales, surgió la necesidad de llevar a cabo una evaluación y zonificación de los fenómenos de remoción en masa que respalde la creación de una planificación territorial, uso adecuado del suelo y gestión de riesgos. Al respecto, Rosales-Veitia y Marcano-Montilla (2021) sostiene que la constante actividad humana en el área y el tipo de relieve predominante han creado un entorno de alto riesgo debido a amenazas originadas por procesos de remoción en masa. Esto se ve agravado por la vulnerabilidad estructural, económica y social del área, ya que la deforestación llevada a cabo en la comunidad ha provocado una fuerte meteorización, y el material disponible se descompone con facilidad ante las precipitaciones normales de la región. Entre las recomendaciones se sugiere llevar a cabo una sensibilización con la comunidad, para que logren identificar los riesgos a los que están expuestos. Asimismo, desarrollar un mapa de riesgos comunitarios y un plan de emergencia ante la eventualidad de desastres.

Por otro lado, los hallazgos de Vera y Albarracín (2017) hacen notar que la implementación de indicadores de vulnerabilidad frente a riesgos de inundación, deslizamientos y lluvias intensas, fundamentados en datos y métodos de análisis que sean aplicables a cualquier cuenca del país, permite realizar comparaciones y generalizaciones. Además, la implementación de metodologías basadas en enfoques para la espacialización

de la vulnerabilidad, que puedan ser generalizados, logran facilitar la superación de los prejuicios centrados en la identificación de amenazas y conduzcan a comprender el desastre como una construcción social y, en consecuencia, manejable de manera integral.

De igual forma, Quintero (2023) afirma que es necesario un refuerzo y apoyo interinstitucional para desarrollar acciones preventivas entre las entidades encargadas de la gestión del riesgo de deslizamientos, mediante la ejecución de una estrategia interinstitucional y la creación de un sistema de información geográfica que facilite el monitoreo y la detección de zonas de alto riesgo, así como también identificar las características del territorio y las condiciones sociales de los sectores vulnerables. Por lo tanto, es necesario establecer políticas públicas completas y eficaces para manejar el riesgo de deslizamientos de tierra, que aborden la prevención, el socorro y la rehabilitación de las zonas impactadas, así como una inversión sostenida en el tiempo.

De igual forma, Cahueño y Lobo (2024), a través de sus hallazgos demuestran que el peligro de deslizamientos de tierra es uno de los factores y retos más importantes que afectan el desarrollo territorial. Por esta razón, entender y examinar estas amenazas resulta vital para evitar posibles pérdidas en el futuro, dado que la relación entre los elementos físicos y sociales de la ocupación del territorio, junto con la experiencia de las autoridades locales y de los habitantes de las áreas impactadas, ofrece los recursos clave para reconocer y clasificar las zonas consideradas en peligro alto, medio o bajo de deslizamientos de terreno. Por ello, esta combinación de saberes y perspectivas posibilita la creación de tácticas concretas y eficaces para reducir los riesgos relacionados, fomentando de esta manera la seguridad y el bienestar de las comunidades impactadas.

Desde otra perspectiva, Valles et al. (2022), fortalecen las aportaciones de los diversos autores con respecto a la remoción en masa y el riesgo ambiental al señalar que las malas prácticas en el uso del suelo en cada área intensifican la erosión del suelo, aumentando la carga de sedimentos en ríos, arroyos y generando desgaste en los suelos, lo que causa la expansión de las fronteras agrícolas y la continua eliminación de la vegetación nativa; además, la ausencia de estudios técnicos y una planificación urbana inadecuada lleva a ubicar infraestructura en zonas de riesgo, las cuales se ven afectadas por diversos eventos adversos en el territorio. Por esta razón, es fundamental potenciar las habilidades locales para la administración del riesgo con el objetivo de tener comunidades resilientes, reforzar las normativas locales con estudios técnicos de respaldo y añadir la variable gestión de riesgos en los procesos de planificación territorial, uso y manejo del suelo.

Asimismo, los hallazgos de Quispe (2024), permiten afirmar que el grado de vulnerabilidad por movimientos de masa en las áreas pobladas se sitúa en la vulnerabilidad social con una resiliencia mínima, ya que la mayoría de la población carece de conocimientos fundamentales en gestión del riesgo de desastres y tampoco tiene una formación adecuada sobre estos asuntos; las actitudes ante estos peligros son desfavorables. Por lo tanto, al evaluar el grado de riesgos, se destaca que las infraestructuras presentes en cada área también pueden mostrar niveles de peligro, y que este grado de vulnerabilidad afecta casi por igual al nivel de riesgo.

Adicionalmente, los resultados del estudio efectuado por Cortés et al. (2021), concuerdan con las afirmaciones anteriores al demostrar que la identificación y evaluación de la amenaza de procesos de remoción en masa (PRM) a través de un índice es un aspecto relevante, dado que su análisis geoespacial ofrece una herramienta valiosa para la planificación territorial y la prevención de desastres. Asimismo, el entendimiento del grado de susceptibilidad y amenaza (alta y muy alta) en zonas vulnerables a eventos de PRM por

parte de la población y de los responsables de tomar decisiones contribuirá a evitar pérdidas de vida y materiales, así como a reducir los daños causados por deslizamientos o colapsos del terreno. Por consiguiente, un mapeo exhaustivo e integrado de la combinación de los factores determinantes junto a los detonantes a PRM, en este caso, debido a la intensidad de precipitación extrema, facilita la determinación del comportamiento, no solo espacial sino también temporal de la amenaza, identificando de este modo puntos y momentos críticos, propensos, a la aparición de deslizamientos de terreno o laderas.

### **Conclusiones**

Se concluye que en el cantón Pallatanga presenta las siguientes amenazas:

**Modelo de amenazas para deslizamientos:**

Las zonas con un grado de amenaza muy alto, poseen como cobertura pastos cultivados, cultivos anuales; están asociadas a geoformas que superan el 40% de pendiente y un desnivel relativo mayor a los 150 m, localizadas en los sectores La Cruz, Trigoloma, Los Santiagos, Multitud, y áreas cercanas al poblado de Pallatanga.

**Modelo de amenazas para caídas:**

Las zonas con un grado de amenaza muy alto se encuentran principalmente en los sectores de Balazul, alrededor del poblado de Pallatanga, Panza Redonda, Panza Chico. Las zonas afectadas se encuentran en geoformas con pendientes que sobrepasan el 100% y desniveles relativos sobre los 300 m, geológicamente asociados a la formación Yunguilla formada por limolitas, lutitas fisiles intensamente deformadas.

**Modelo de amenazas para flujos:**

Las zonas con grado de amenaza muy alto, se encuentran ubicadas en los sectores San Francisco de Trigoloma, La Cruz, Panza Redonda, San Vicente de Chalo, Rancho Alegre, Jiménez, Ayazan, Palmas, San Juan de Trigoloma, Jipangoto, San Vicente de Jipancoto y Balazul. Están asociadas a los relieves de la formación Yunguilla y Apagua con pendientes predominantes muy fuertes entre un rango de 40 al 100%. La cobertura vegetal en estos sectores es pasto cultivado y áreas en proceso de erosión, presentando un ambiente propicio para la existencia de este fenómeno.

**Modelo de amenazas para reptación:**

La zona con grado de amenaza muy alto se encuentra en sector La Cruz-Trigoloma, asociado principalmente a lutitas fisiles de la formación Yunguilla, también se encuentran distribuidos por todo el cantón pero con menor afectación a poblados o vías. La cobertura vegetal en estas zonas corresponde a bosque intervenido y vegetación arbustiva, así como cultivos de ciclo corto. Las geoformas inmersas en esta amenaza corresponden a relieves de la formación Yunguilla y Apagua de 100 a 200 m de desnivel relativo y pendiente de 40 a 70%.

1. El modelo de susceptibilidad elaborado mediante el método de Brabb, indica: un grado de amenaza alto en los sectores Jaluví, La Cruz, Los Santiagos, Ayazamba, Palmital de Asocoto. Un grado de amenaza medio en la parte central del cantón y un grado bajo en la parte oriental.
2. El mapa generado mediante el método de Brabb es mucho más exacto para definir el grado de susceptibilidad ya que parte de un inventario de FRM. Tiene concordancia con los mapas realizados por el método de Mora Varhson modificado establecidos únicamente mediante la asignación de valores ponderados.

Por tal motivo, se recomienda realizar estudios de uso de suelos a escala detallada para obtener mejor información de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de los FRM, realizar campañas informativas por parte de las autoridades correspondientes, para la planificación del desarrollo urbano, rural y de infraestructura en general considerando los sectores de mayor amenaza a ocurrencia de FRM e Implementar medidas de mitigación, como sistemas de alerta temprana en las zonas consideradas con un alto grado de amenaza.

### Referencias bibliográficas

- Avilés-Ponce, L., Cañar-Muñoz, M., Andrade-Sampedro, S., Moreno-Izquierdo, J., Medina-Méndez, G., López-Alulema, A., & Pico-Carrasco, P. (2017). Identificación de amenaza por deslizamientos de tierra mediante información geo-espacial en el cantón Ibarra-Ecuador. *CienciAmérica*, 6(2), 66-71. <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/116>
- Barman, J., Soren, DDL, Biswas, B. (2023). Evaluación y análisis de la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra: una revisión de los artículos publicados entre 2000 y 2020. En Das, J., Bhattacharya, SK (eds) Monitoreo y gestión de riesgos múltiples. Ciencia de los sistemas de información geográfica y modelado geoambiental. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15377-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15377-8_14)
- Cahueño Rincón, D. & Lobo, R. (2024). Análisis de la amenaza y estimación del riesgo físico y social por el fenómeno de remoción en masa, en la zona noroccidental del área urbana del Municipio de Chipaque, Cundinamarca. [https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/4374/1/LoboJaimesReinel\\_2024\\_M\\_CGRD.TG.pdf](https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/4374/1/LoboJaimesReinel_2024_M_CGRD.TG.pdf)
- Cortés Ortiz, M. A., Hernández Santana, J. R. & Aguilar Martínez, A.G. (2021). Susceptibilidad a procesos de remoción en masa: Aproximación metodológica para la construcción de un índice de amenaza en Álvaro Obregón-Ciudad de México. *Entorno Geográfico*, (21), 47-76. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i21.11291>
- Gómez Castillo, G., Fuentes, J. & Navarrete, J. (2023). Análisis del riesgo por procesos de remoción en masa en el Pico del Tancitaro y sus zonas de influencia. *Investigaciones Geográficas*, (112), 1-32. <https://doi.org/10.14350/rig.60764>
- Liu L, Li S, Li X, Jiang Y, Wei W, Wang Z, Bai Y. (2019). An integrated approach for landslide susceptibility mapping by considering spatial correlation and fractal distribution of clustered landslide data. *Landslides*, 16(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-01122-2>
- Pourghasemi, H. R., Teimoori Y.Z., Panagos, P., y Pradhan, B. (2018). Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005–2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(9), 193. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3531-5>
- Quintero, M. (2023). Análisis de la gestión del riesgo de desastres de remoción en masa en las localidades de Usme y Ciudad Bolívar. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/27058/MARIA%20ALEJANDRA%20QUINTERO%20REATIGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, I. (2024). Evaluación del nivel de riesgo por movimiento de masa mediante sensoramiento remoto y drone en la localidad de Ant accocha, Huancavelica – 2021. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14784/12/IV\\_FIN\\_10\\_7\\_TE\\_Pari\\_Quispe\\_2024.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14784/12/IV_FIN_10_7_TE_Pari_Quispe_2024.pdf)

- Rodríguez E. (2018). Metodología de la investigación. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rosales-Veítia, J. & Marcano-Montilla, A. (2021). Amenaza por remoción en masa. Una experiencia en la comunidad La Lagunita, estado Miranda, Venezuela. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 6(2), 63-81. <https://doi.org/10.25214/27114406.1103>
- Sbroglia RM, Reginatto GMP, Higashi RAR, Guimarães RF. (2018). Mapping susceptible landslide areas using geotechnical homogeneous zones with different DEM resolutions in Ribeirão Baú basin, Ilhota/SC/Brazil. *Landslides*, 15(10), 2093–2106. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-1052-7>
- Tarazona Mendoza, J., Rodríguez Anaya, R., & Garrido Angulo, H. (2019). Estimación del riesgo por movimientos en masa en la subcuenca del río Ancash – Yungay. *TAYACAJA*, 1(2). <https://doi.org/10.46908/rict.v1i2.22>
- Valles, G., Villalba, D., Moncada, J. & Guzmán, J. (2022). Medidas de prevención ante riesgos de erosión y fenómenos de remoción en masa. Área de incidencia “Ciudad Arcángel”, cantón Ibarra, Ecuador. *Sathiri*, (17), 268-287. <https://doi.org/10.32645/13906925.1115>
- Vera Rodríguez, J. & Albarracín, A. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), -136. <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>
- Zézere, J., Pereira, S., Melo, R. & Oliveira, S. García, R. (2017). Mapping landslide susceptibility using data-driven methods. *Sci Total Environ*. 589, 250–267. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.188>