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



**NATALY CRISTINA PAVÓN AYALA
OSCAR VINICIO GARZÓN COLLAHUAZO**

EDITORIAL

CICI

CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y CAPACITACIONES
INTERDISCIPLINARES

ISBN: 978-628-96631-2-9

Autores

Nataly Cristina Pavón Ayala

*Ingeniera en Geología
natycris_88@hotmail.com*

Oscar Vinicio Garzón Collahuazo

*Ingeniero en Geología
ovgarzon@hotmail.com*

CICI | **CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES**

Alain Fitzgerald Castro Alfaro: Editor

2024 – Evaluación y zonificación de susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa en el cantón Pallatanga, escala 1:50.000.

Primer Volumen

Autor: Nataly Cristina Pavón Ayala, Oscar Vinicio Garzón Collahuazo

Versión Digital ISBN: 978-628-96631-2-9

Editorial Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias SAS – CICI

Coordinadora: Nora González Pérez –Cartagena –Colombia

Portada y diagramación: Dean Castro Alfaro

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Cartagena –Colombia, Octubre de 2024

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

**Nataly Cristina Pavón Ayala
Oscar Vinicio Garzón Collahuazo**

**Colombia
Latinoamérica**

Tabla de contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Descripción del problema	12
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos	14
1.5. Factibilidad y accesibilidad	15
1.6. Hipótesis	15
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Diagnóstico del estudio	18
2.3. Geología	23
2.4. Geomorfología	31
2.5. Fenómenos de geodinámica interna	38
2.6. Fenómenos de geodinámica externa	39
2.7. Fenómenos de remoción en masa	42
2.8. Fotointerpretación	53
2.9. Análisis de susceptibilidad a procesos de remoción en masa	55
2.10. Factores condicionantes de generación procesos de remoción en masa	57
2.11. Factores desencadenantes de generación procesos de remoción en masa	61
2.12. Método de Brabb	62
2.13. Método de Mora Varhson	62
2.14. Método de Mora Varhson modificado	65
2.15. Zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa	73
2.16. Evaluación de amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa	74
2.17. Medidas de prevención y mitigación	74
3. MARCO METODOLÓGICO	78
3.1. Tipo de estudio.....	78
3.2. Universo y muestra	78

3.3. Técnica	78
3.4. Trabajo de campo y laboratorio	81
3.5. Procesamiento de datos.....	82
3.6. Procedimiento geomorfología del cantón Pallatanga	82
3.7. Inventario de fenómenos de remoción en masa	82
3.8. Mapa de Pendientes.....	83
3.9. Mapa litológico y lineamientos del cantón Pallatanga	84
3.10. Susceptibilidad a fenómenos remoción en masa mediante el método de Brabb.....	85
3.11. Evaluación de la susceptibilidad a fenómenos remoción en masa mediante el Método de Mora-Varhson modificado.....	88
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	107
4.1. Hidrometeorológica.....	107
4.2. Geomorfología del cantón Pallatanga	109
4.3. Inventario de procesos de remoción en masa.....	133
4.4. Caracterización del tipo de movimiento en masa.....	135
4.5. Mapa de pendientes.....	154
4.6. Litología y estructuras presentes en el cantón	154
4.7. Descripción de muestras de roca.....	154
4.8. Susceptibilidad de los fenómenos remoción en masa mediante el método clásico de Brabb	165
4.9. Uso y cobertura	167
4.10. Sismicidad	168
4.11. Amenazas y/o peligros a procesos de fenómenos remoción en masa mediante el método de Mora-Varhson	169
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	177
5.1. Conclusiones.....	177
5.2. Recomendaciones.....	179
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
6.1 Referencias bibliográficas	182
6.2 Webgrafía	191
7. GLOSARIO TÉCNICO Y ANEXOS	193
7.1 Glosario técnico.....	193
7.2. Anexos	196

RESUMEN

Título sobre: "Evaluación y zonificación de susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa en el cantón Pallatanga, escala 1:50.000" OBJETIVO GENERAL: Evaluar la susceptibilidad y amenaza/peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa. PROBLEMA: constantes fenómenos de remoción en masa ocurridos en el cantón Pallatanga. HIPÓTESIS: El cantón Pallatanga, es una zona de alto peligro que presenta constantes procesos de movimientos en masa, asociados a la litología, precipitaciones y fallamiento presentes en la zona de estudio. MARCO TEÓRICO: ubicación, morfología, hidrografía, clima y vegetación, población y situación económica, vías de acceso, climatología, precipitación, temperatura del aire, evapotranspiración, balance hídrico, geología regional, geología local, geología histórica, geología estructural, geomorfología, unidad fisiográfica, características morfogenéticas, características morfométricas, fenómenos de geodinámica interna, procesos de geodinámica interna, fenómenos de geodinámica externa, fenómenos de remoción en masa, tipos de procesos por movimientos en masa, fotointerpretación, análisis de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, factores condicionantes de generación procesos de remoción en masa, factores desencadenantes de generación procesos de remoción en masa, zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, medidas de prevención y mitigación. MARCO REFENCIAL: El cantón Pallatanga se ubica al suroeste de la provincia de Chimborazo, localizado a lo largo del sistema de Fallas Pallatanga. MARCO METODOLÓGICO: recopilación geológica de la zona, interpretación de fotografía aérea digital escala 1:25.000, análisis de FRM, determinación de zonas que presentan FRM. CONCLUSIÓN GENERAL: en el cantón Pallatanga existen 6 FRM con alto grado de amenaza que han causado daños materiales y pérdidas humanas. RECOMENDACIÓN GENERAL: En los planes de ordenamiento territorial a realizarse para el cantón tomar en consideración las zonas con mayor susceptibilidad a FRM.

DESCRIPTORES:

GEOMORFOLOGÍA

FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN
FOTOINTERPRETACIÓN PRECIPITACIONES

CATEGORÍAS TEMÁTICAS: <FMR-GEOLOGÍA> <FRM HIDROGEOLOGÍA> <FRM-
FOTOGEOLOGÍA>

ABSTRACT

Thesis on: " Evaluation and susceptibility of hazard zoning / hazard landslide phenomena in Pallatanga , 1:50.000 " **GENERAL PURPOSE** : Evaluate the susceptibility and hazard/ danger phenomena due to landslides in Pallatanga . **PROBLEM** : constant phenomena of landslides occurred in Pallatanga . **HYPOTHESIS**: Pallatanga canton, is an area of high hazard with constant mass movement processes , associated with the lithology, rainfall and faulting present in the study area. **THEORETICAL FRAMEWORK** : location, morphology, hydrography, climate and vegetation , population and economic situation, access roads, weather , precipitation , air temperature , evapotranspiration, water balance , regional geology, local geology , historical geology , structural geology , geomorphology, unit physiographic , morphogenetic features, morphometric characteristics , internal geodynamic phenomena , external geodynamic phenomena , landslides phenomena , types of mass movement processes , photo interpretation , analysis of susceptibility to mass wasting processes , factors conditioning processes generating landslides , generating triggers landslide processes , zoning susceptibility to mass wasting processes , prevention and mitigation. **FRAMEWORK**: The Pallatanga canton is located southwest of the province of Chimborazo, along the Pallatanga fault system. **METHODOLOGICAL FRAMEWORK** : Geological compilation of the area, digital aerial

photography interpretation of 1:25000 , mass movement analysis , determination of areas with mass movements. GENERAL CONCLUSION : In Pallatanga occurs six high degree movement mass phenomena that caused property damage and human losses. GENERAL RECOMMENDATION: In land use plans consider areas with increased susceptibility of mass movements presented in this thesis.

WORDS:

GEOMORPHOLOGY

PHENOMENA OF MASS MOVEMENT

EVALUATION AND ZONING PHOTOINTERPRETATION PRECIPITATION

SUBJECT CATEGORIES: <FMR-GEOLOGÍA> <FRM HIDROGEOLOGÍA> <FRM-PHOTOGEOLOGY>

Capítulo I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Los fenómenos naturales, desde tiempos antiguos, han traído consecuencias graves a escala mundial: huracanes, deslizamientos, erupciones, sismos, entre los más importantes que a su paso, por diferentes ciudades, terminaron con vidas humanas y con su economía. Uno de los fenómenos más comunes en el mundo son los movimientos en masa. Ecuador ha registrado procesos de movimientos en masa, relacionados con procesos endógenos y exógenos de la tierra, los que dependen de una serie de factores internos y externos, que pueden ser considerados como condicionantes y detonantes.

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.

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.

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. El presente estudio proporcionará 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.

1.2. Formulación del problema

Con este antecedente fue imprescindible elaborar la presente tesis con el tema: "EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZAS/PELIGROS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CANTÓN PALLATANGA, ESCALA 1:50.000", para lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué zonas del cantón Pallatanga pueden ser afectadas por fenómenos de remoción en masa?

1.3. Justificación

Ecuador, por su ubicación geográfica, dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, está sometido a efectos de geodinámica activa, como erupciones volcánicas y movimientos en masa, que conjuntamente con los fenómenos meteorológicos y sísmicos del país, agravan el normal desempeño de las actividades humanas, generando daños parciales y totales de la infraestructura local, servicios básicos, carreteras y, en ocasiones, pérdida de vidas humanas. (Aillón, 2010)

Los FRM, son procesos que ocurren en todas las regiones del país, acentuándose durante el periodo invernal, cuando los materiales sobrepasan el estado de equilibrio, (pasan de un estado sólido a otro plástico y líquido) y originan cambios en el comportamiento mecánico de los depósitos superficiales, así como también en el macizo rocoso. (Albán L., 2009)

La región Andina, presenta características comunes en su formación geológica, y en la ocurrencia de procesos de inestabilidad. En este contexto la provincia de Chimborazo se caracteriza por la ocurrencia de procesos de movimientos en masa de diferente magnitud y tipología.

Entre los fenómenos de remoción en masa históricos ocurridos en el cantón Pallatanga se pueden citar (Romero, Alarcón, Segovia, & Cuadrado, 2013), los siguientes:

- ✓ 1950, Aluvión vía a Jiménez, 4 muertos.
- ✓ 1959, Aluvión quebrada Chiniuco, interrupción de la vía por cuatro días.
- ✓ 1979, Deslizamiento y movimiento de masas, sector Jaluví, Santa Isabel, pérdidas de cultivos y potreros.
- ✓ 1982, Deslizamiento y movimientos de masa, sector Chalo, 4 viviendas evacuadas.
- ✓ 1995, Inundación del barrio el Progreso, causado por el colapso de la acequia Santa Ana Sur y falla del sistema de alcantarillado.
- ✓ 1995, Elevación del nivel del río Wichiche, viviendas afectadas.
- ✓ 1998, Elevación del nivel del río Wichiche, viviendas afectadas.

- ✓ 2005, Inundación barrio el Progreso afectando el jardín de infantes.
- ✓ 2006, Deslizamiento en la vía Bucay - Pallatanga, en el sector Multitud, cerca del cerro Los Santiagos, la situación provocó pérdidas económicas en transportistas y ciudadanos que no pudieron llegar a tiempo a sus destinos.
- ✓ 2008, Destrucción del sistema de agua potable por el desbordamiento del río Blanco y quebrada Millihuaico.

No obstante, esta constancia, instituciones públicas como el IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), el INIGEMM y la SNGR (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos), no cuentan con trabajos detallados sobre fenómenos de remoción en masa ocurridos en el cantón Pallatanga.

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.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la susceptibilidad y amenaza/peligro del cantón Pallatanga debido a fenómenos de remoción en masa.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Elaborar el mapa geomorfológico del cantón, mediante la interpretación de fotografía digital y reconocimiento de campo.
- ✓ Caracterizar los fenómenos de remoción en masa mediante reconocimiento de campo y cuadros de clasificación pre establecidos.
- ✓ Elaborar el mapa de unidades litológicas y estructuras del cantón.
- ✓ Analizar, mediante láminas delgadas, la litología presente en el cantón.
- ✓ Determinar los factores detonantes de los FRM.
- ✓ Realizar un análisis de la susceptibilidad de los fenómenos remoción en masa mediante el método de Brabb y Mora Varhson modificado.

- ✓ Proporcionar información técnica respecto a las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pallatanga.

1.5. Factibilidad y accesibilidad

El proyecto fue factible realizarlo porque se dispuso de talento humano (egresados, profesores de la Carrera de Geología de la FIGEMPA), el apoyo técnico, económico del Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE; y la existencia de recursos bibliográficos y tecnológicos adecuados para el desarrollo de esta investigación.

Para la elaboración del presente proyecto se dispuso de 6 meses a partir del mes de agosto de 2013.

Este trabajo, además, fue posible porque existió la autorización tanto de los directivos del IEE como del GAD del cantón Pallatanga, para el acceso a la información y apoyo técnico-económico.

1.6. Hipótesis

El cantón Pallatanga, es una zona de alto peligro que presenta constantes procesos de movimientos en masa, asociados a la litología, precipitaciones y fallamiento presentes en la zona de estudio.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En Pallatanga, tanto la zona urbana como la rural, de una u otra manera se encuentra amenazada por eventos adversos. En la Tabla No. 1 se pueden observar, procesos de movimientos en masa históricos ocurridos en el cantón.

Cronología de eventos adversos ocurridos en el cantón Pallatanga.

Eventos adversos	Año
Deslizamiento y Aluvión (Jaluví)	1979
Deslizamiento y Avalancha (Chalo-Trigoloma-Los Santiagos)	1982
Inundación Río Wichiche	1992
Inundación Barrio El Progreso, río Wichiche	1995
Desbordamiento quebrada Chuiniuco	1996
Deslave quebrada san Carlos, deslizamiento Chalo	1998
Deslizamiento Chalo Trigoloma	2001
Deslave sector Chalo	2005
Incremento del caudal río Wichiche	2007
Deslave Los Santiagos	2007

Fuente: (Romero, Alarcón, Segovia, & Cuadrado, 2013).

Entre la información disponible que permitió alcanzar los productos finales que se presentaran en este trabajo se puede citar:

(Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997). Las Regiones y Paisajes del Ecuador. Este estudio hace una descripción breve de los paisajes encontrados en el cantón Pallatanga, los mismos que sirvieron en la interpretación geomorfológica.

Susceptibilidad a FRM, planes de prevención y mitigación, en los cantones Cañar, Suscal y el Tambo. (Ibadango, Metodología para la Elaboración de mapas de Susceptibilidad por procesos de movimientos en masa., 2013). Aporta conocimiento metodológico para la realización de una zonificación de amenazas.

(Romero, Alarcón, Segovia, & Cuadrado, 2013) Perfil territorial del cantón Pallatanga, (Ibadango, Informe Técnico sobre la Evaluación de la Zona Inestable en el Sector

Jalavi-Santa Isabel Cantón Pallatanga, Provincia de Chimborazo, 2013). Proporciona una visión de la situación y de los procesos de movimientos en masa presentes en la zona de estudio.

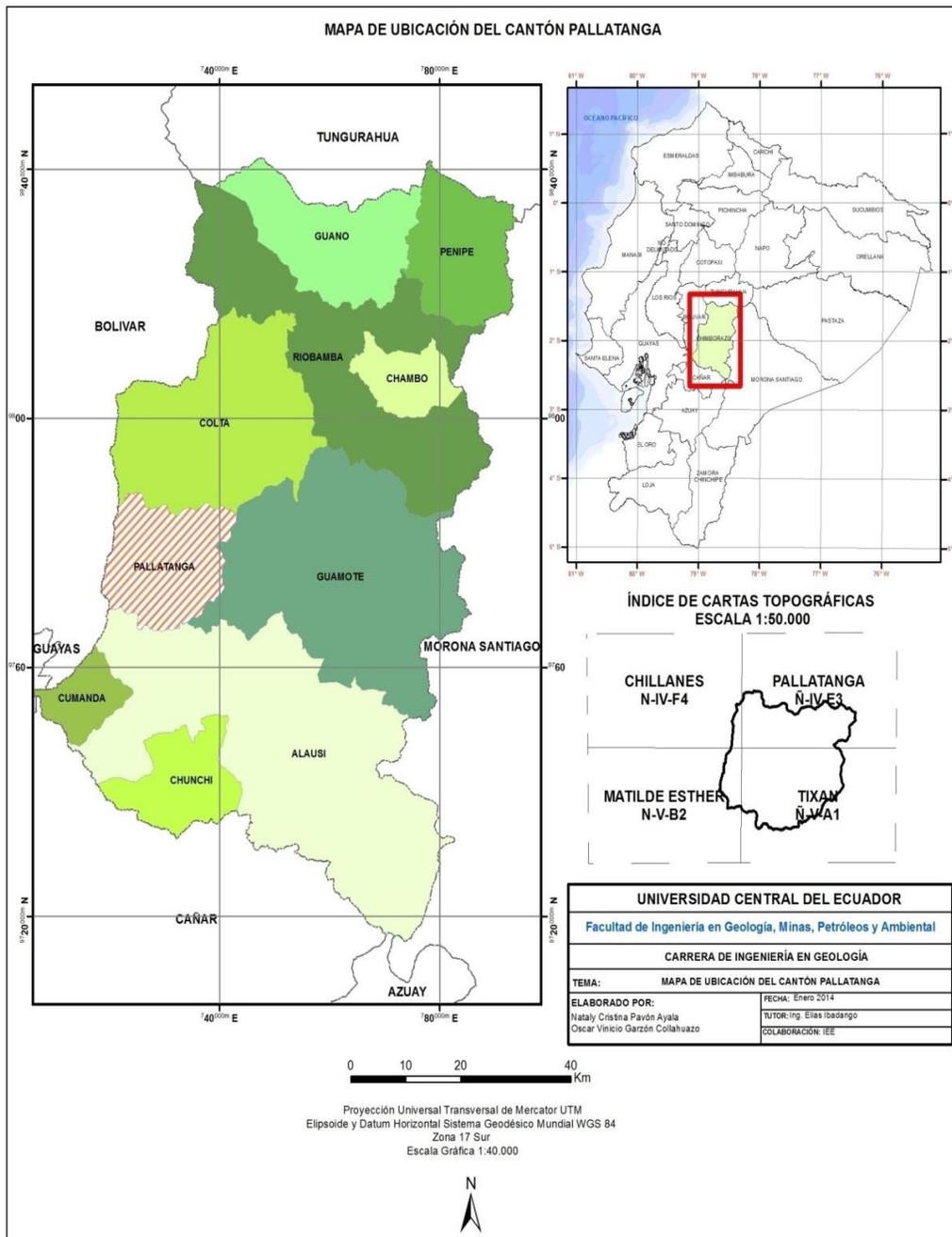
Metodología de Mora Varhson modificada, empleada para deslizamientos, caídas reptaciones y flujos, elaborada por el IEE, aportó como guía metodológica.

2.2. Diagnóstico del estudio

Ubicación

El cantón Pallatanga, se encuentra ubicado al sur oeste de la provincia de Chimborazo, sus límites políticos son: al norte el cantón Colta; al sur el cantón Alausí; al Este el cantón, Guamote; y, al oeste, el cantón Chillanes, provincia de Bolívar; en la vía principal Riobamba - Bucay, a 84 kilómetros de Riobamba y a 120 kilómetros de Guayaquil. Su extensión territorial aproximada es de 379 km², según la CELIR. Cubre las cartas topográficas de Chillanes, Pallatanga, Matilde Esther y Tixán, escala 1:50.000 (Mapa No.1).

Mapa No. 1 Ubicación del cantón Pallatanga.



Morfología

El sistema montañoso del cantón forma parte de la Cordillera Occidental, caracterizada por tener una topografía accidentada. El cantón Pallatanga está atravesado

por la Cordillera de Quirola, formada por las lomas: Chaupiurcu (4321 msnm), corredor Rumi (4099 msnm), Talan Pala y el cerro Shilile (4294 msnm), entre las más importantes; hacia el oriente existen elevaciones con mayor desnivel relativo como: la loma Garza Huañuna (4337 msnm), loma Calentaderos (3800 msnm.), loma Ventanas (3922 msnm), el Huagrarumi (4229 msnm), loma Machaypungu (4052 msnm), cerro de Chaloasí (3859 msnm), loma Rodeo (3570 msnm), Bisniag (3600 msnm) y Gallohuaico (3200 msnm). Hacia el occidente se observan elevaciones que disminuyen su altitud de: 2700 a 1600 msnm. En la parte central se localiza el valle Pallatanga - Bucay (Anexo No. 6).

Hidrografía

El área de estudio tiene como sistema hidrográfico principal el río Chimbo, con sus principales afluentes, los ríos Citado, Malpote, Pangor, Salsipuedes y Coco, este último atraviesa el poblado de Pallatanga de norte a sur; cuenta con 7 subcuencas hidrográficas, cuyos drenajes principales tienen una dirección NE-SW, que desembocan en la cuenca del río Guayas.

Clima y vegetación

El clima en el área de estudio es muy variable influenciado por las condiciones topográficas y la vegetación. En general, es primaveral, en la parte central, hacia el oriente se tiene un clima frío de páramo. La temperatura media está entre los 10.5 y 15 grados centígrados, la máxima absoluta fluctúa entre los 20 y 22 grados centígrados; la mínima absoluta llega hasta valores de 0 grados centígrados; la época seca corresponde a los meses de julio y agosto; los meses con mayor precipitación son: febrero, marzo y abril.

En el cantón existe flora muy variada como: cedro, laurel, olivo, romerillo, orquídeas y bromelias.

Población y situación económica

“El cantón tiene 11.544 habitantes y representa el 2.26% del total de la población provincial (509.352 habitantes). La población está asentada en el área urbana, 33.03% y en el

área rural el 66.97% del total de la población cantonal, lo que indica que es un cantón eminentemente rural".(Romero, Alarcón, Segovia, & Cuadrado, 2013)

La zona urbana, dispone de jefatura política, comisaría nacional y municipal, juzgados de lo civil y penal, fiscalía, registro de la propiedad, notaría, oficina de MAGAP, iglesias, centro de salud, colegios, escuelas y los servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, electrificación, servicio telefónico (digital, celular), internet, hostales, hosterías y atención permanente de restaurantes, entre otras facilidades.

Es uno los principales productores agrícolas de la provincia, donde se puede encontrar: tomate riñón, pepino, maíz, papas, habas, fréjol y frutas menores como frutilla y mora.

Vías de acceso

El cantón Pallatanga cuenta con vías de conectividad tanto internas como externas, de primer y segundo orden. La vía interprovincial Chimborazo – Guayas pasa por la ciudad, tiene una jerarquización funcional importante ya que conecta la sierra con la costa ecuatoriana, consta de dos carriles con acabado de pavimento rígido.

Climatología

Se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico. Las variables meteorológicas que utiliza la climatología son: temperatura del aire, humedad atmosférica, precipitación atmosférica, heliofanía, evaporación, evapotranspiración, dirección y velocidad del viento, nubosidad, etc.

De los factores climáticos antes mencionados los más importantes son la precipitación, evapotranspiración y temperatura.

Precipitación

"Se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada" (Manosalve Saénz, 2002).

La precipitación se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable de 1m², se registra a través de pluviómetros y pluviógrafos.

Temperatura del aire

Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

Para medir la temperatura atmosférica, se utiliza psicrómetro (termómetro seco y termómetro de bulbo húmedo), termómetro de mínima (dispositivo de líquido alcohol), termómetro de máxima (dispositivo de líquido mercurio) y termógrafo. Se mide en °C o °F.

La temperatura media diaria se define como la media aritmética entre la temperatura máxima y mínima diaria. La temperatura promedio diaria es el promedio de varias temperaturas en el día. La temperatura media mensual es el promedio de las temperaturas medias diarias en un mes.

La temperatura media anual es el promedio de las temperaturas medias mensuales en un año.

Evapotranspiración

“Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada por evaporación y transpiración de las plantas” (Manosalve Saénz, 2002), así podemos tener evapotranspiración real (condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo) y potencial (en el caso en que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento).

Balance Hídrico

Se deriva del concepto de balance de materia, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

El cálculo del balance hídrico basado en la aplicación de la ficha hídrica, contempla varios parámetros: precipitación media, temperatura media, evapotranspiración potencial y real, almacenamiento, valor de almacenamiento, exceso y déficit de agua, y escurrimiento total.

2.3. Geología

Geología Regional

En Ecuador continental se tiene tres zonas morfoestructurales costa, sierra y oriente, además de las Islas Galápagos, parte del Ecuador insular.

La región central o sierra constituida por la Cordillera de los Andes, una barrera montañosa de 120 km de ancho; posee dos direcciones preferenciales NE-SO y NS, se caracteriza por una declinación de altitudes y nitidez de norte a sur. El paisaje general está representado por dos cordilleras paralelas con altitudes medias de 4000 a 4500 msnm.

La Cordillera Occidental, está compuesta por un basamento de rocas oceánicas y de arco insular acresionadas al continente en el Mesozoico, sobre las cuales se ha desarrollado un arco volcánico continental.

La Cordillera Real, está compuesta por varios cinturones paralelos de rocas metamórficas pre - Cretácicas de dirección norte - sur, limitados por fallas regionales.

El valle Interandino, comprende una extensa depresión alargada paralela a las dos cordilleras, bordeada por fallas transcurrentes activas y rellena de potentes secuencias de origen fluvio - lacustre, fluvio - glacial y volcánico.

La región costa, comprende una gran planicie de basamento oceánico, cubierta por una serie de secuencias marinas y continentales. Corresponde al ante arco del cinturón Andino. Esta planicie forma una faja de 200 km de ancho al norte de golfo de Guayaquil, mientras que al sur, se forma una faja más estrecha. El rasgo morfológico más sobresaliente es la cordillera de la costa con relieves fuertes y macizos, bordeada por una serie de relieves sedimentarios compuestos principalmente de alternancias de conglomerados, areniscas, arcillas y limolitas, que representan ciclos transgresivos y regresivos.

La región oriental, de mayor extensión, se halla conformada por dos zonas: la cuenca Amazónica y la zona Subandina. La cuenca Amazónica, parte del tras arco de los Andes ecuatorianos, compuesta por sedimentos marinos y continentales cuyo basamento es el cratón Guayano Brasileiro. La zona Subandina, representada por el levantamiento Napo y la Cordillera del Cutucú, comprende una franja relativamente estrecha de rocas falladas y deformadas que pertenecen tanto a la Cordillera Real como a las secuencias sedimentarias de la cuenca Amazónica, instruida por batolitos graníticos tipo "I", separado por un gran cono antiguo de deyección en forma de abanico a la salida del río Pastaza.

La región insular o Islas Galápagos, formada a partir del hot spot de Galápagos, constituida por 14 islas ubicadas a 1 200 km del Ecuador continental, donde se distinguen al oeste volcanes escudos activos, con emisiones de lava basálticas y hacia el este volcanes inactivos, más antiguos y pequeños fragmentos de basaltos submarinos, actualmente en superficie por tectonismo, que constituyen las islas más antiguas del archipiélago.

Actualmente se tiene el levantamiento de la Cordillera de los Andes, manifestado por volcanismo (caída de ceniza, flujos de lava del Reventador y Tungurahua), producto de la subducción hacia el este de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana y procesos erosivos como consecuencia de la intensa actividad agrícola y ganadera.

Geología Local

Unidad Pallatanga (KPa)

Según (Mc Court, Duque, & Pilatasig, 1997), constituye una secuencia de rocas máficas y ultramáficas de afinidad oceánica expuestas en una serie de lajas tectónicas a lo largo del borde oriental de la Cordillera Occidental. Comprenden basaltos, micro gabros, tobas, areniscas volcánicas, lavas en almohadillas, todas fuertemente tectonizadas, en contacto fallado con la formación Yunguilla. Se interpreta como alóctona; muy probablemente es una secuencia ofiolítica incompleta y desmembrada, que representa fragmentos de piso oceánico acrecionados al continente sudamericano en el Cretácico tardío.

Formación Yunguilla (KY)

De acuerdo a (Thalman, 1946), secuencia de abanico turbidítico marino de al menos 2000 m de espesor. Ubicada en el margen oriental de la Cordillera Occidental, inmediatamente adyacente a la zona de falla Calacalí – Pallatanga. La litología típica: son limolitas masivas gris oscuras, limolitas y lutitas fósiles, intensamente deformadas y fracturadas. Fauna foraminífera que indica una edad Maastrichtiense, con espesor mayor a los 1000 metros.

Unidad Macuchi (PcEM)

Según (Mc Court, Duque, & Pilatasig, 1997), corresponde a una secuencia de arco submarino. Litológicamente está compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, limolitas volcánicas, basaltos.

Grupo Angamarca

Es una secuencia de relleno de cuenca silisiclástica, engrosada hacia arriba, del Paleógeno temprano a medio, comprende cinco formaciones: formación Apagua, formación Gallo Rumi, formación Pilaló, formación Unacota y formación Rumi Cruz.

Formación Apagua (PcEA).

Fue denominada por Egüez & Bourgois, (1986) y comprende lutitas y limolitas en capas finas a medias con areniscas de grano grueso, típicamente feldespáticas. Su edad determinada por la presencia de foraminíferos, Paleoceno medio a Eoceno tardío.

Grupo Saraguro (E-MS)

Secuencia de rocas volcánicas sub-aéreas, calco-alcalinas, intermedias a ácidas, de edad Eoceno medio tardío a Mioceno temprano (Duque 2000).

Formación Cisarán (MCn)

Según (Dunkley & Gaibor, 1997), consiste de hasta 2200 m de sedimentos volcano-clásticos gruesos y lavas intermedias estratificadas sub horizontalmente. La parte inferior

comprende lavas andesíticas y dacíticas, antes incluidas dentro de la denominada formación Alausí, que pasan hacia arriba a una secuencia gruesa de brechas andesíticas pobremente clasificadas, con intercalaciones de areniscas volcánicas, tobas y lavas. Edades de trazas de fisión dan 6.8 ± 0.8 ma (Steinmann, 1998).

Intrusivo Granodiorítico

Constituye un macizo rocoso grano diorítico, con rumbo norte-sur, ubicado al noreste del poblado Los Santiagos.

Depósitos Coluviales

Constituyen depósitos Cuaternarios ubicados al pie de las vertientes como consecuencia del transporte gravitacional de los materiales resultantes de la desintegración de los relieves primarios, comprendiendo bloques y gravas en una matriz limo arenosa. Se encuentran repartidos a lo largo de todo el cantón.

Depósitos Coluvio Aluviales

De edad Cuaternaria, están compuestos por material heterogéneo (limos, arenas y clastos), que rellenan los valles formados por los ríos y parte de las cuencas hidrográficas. Se encuentran repartidos a lo largo de todo el cantón.

Depósitos Aluviales

Constituyen depósitos de edad Cuaternaria, comprenden gravas, conglomerados de clastos de diversas litologías en matriz arenoso, con tonalidades grisáceas, clastos redondeados a sub-redondeados. Se pueden observar a lo largo de los ríos Malpote, Pangor, Sasapud, Guashi, Sicalpa, Gahujon los mismos forman terrazas nuevas en áreas bajas, de material suelto.

Geología Histórica

“Durante el Jurásico – Cretácico inferior, en el océano Thethis, existió una zona de subducción a lo largo del margen sudamericano” (Jaillard, 1990), que generó el arco de islas

(Alao – Paute), la cuenca de ante arco (Unidad Maguazo) y la cuenca de tras arco (Unidad El Pan), mientras que el terreno Guamote (Unidades Punín y Cebadas) se interpreta como una secuencia de margen pasivo de edad Jurásico – Cretácico inferior. Las rocas del Jurásico – Cretácico inferior de la Cordillera Real fueron afectadas por el evento Peltetec, evidenciado en el melange de la unidad Peltetec.

La construcción de la reciente Cordillera Occidental comienza en el Cretácico tardío (65 a 85 ma), seguido de la incorporación del terreno oceánico Pallatanga, en el margen Andino. El terreno Pallatanga comprende la unidad Pallatanga, dominada por basaltos de plateau oceánico, junto con su secuencia sedimentaria asociada de cobertura. El límite este del terreno Pallatanga está definido por la zona de falla Calacalí-Pallatanga, y su margen oeste definido por la falla Toachi, localmente corresponde a la zona de cizalla Mulaute, la cual continua hacia el sur hasta desaparecer en el lineamiento Chimbo.

La edad precisa de la acreción es desconocida, pero varias observaciones sugieren que se acercó oblicuamente del S-SO, tuvo contacto con el continente en el Campaniano tardío; subsecuentemente el margen paralelo del terreno Pallatanga, continuó su migración hasta el Paleoceno.

En el sector de 0° a 1° N, de la cordillera inmediatamente al este de la mega zona de cizalla Mulaute se encuentra el terreno Naranjal, que evidencia una edad de acreción, del Eoceno temprano.

Seguido de la acreción del terreno Naranjal, ocurre una amplia transgresión marina, que dejó la depositación de las unidades Zapallo y Tortugo, en el sector de 0° a 1°N, del Mioceno medio a tardío, hacia el este, se evidencia la depositación de la unidad Silante con edades probables del Eoceno medio a tardío al Oligoceno temprano.

Al sur de unidad Naranjal, está el terreno Macuchi, dominado por la unidad Macuchi, secuencia volcánico-clástica, que incluye pillow lavas, brechas, en menor cantidad calizas y cuerpos diabásicos, con afinidad de arco de islas oceánico, de edad Eocénica. La continuidad entre el terreno Naranjal y el terreno Macuchi es interrumpida por depósitos extensos de conos aluviales. Posiblemente hacia el sur de la cordillera, la acreción del terreno Macuchi no ocurrió hasta el Eoceno tardío-Oligoceno temprano.

El grupo Angamarca separado de la unidad Macuchi, hacia el oeste por el lineamiento Chimbo, tiene edades del Eoceno medio a tardío, posiblemente la sedimentación continuó hasta el Oligoceno superior.

Entre 2° y 4° grados sur se tiene un margen extensivo con actividad volcánica que levanta el grupo Saraguro, una actividad calco alcalina con una secuencia intermedia ácida, en la parte centro sur de la cordillera la erosión y deformación, de unidades volcánicas dacíticas a riolíticas más antiguas dentro del grupo Saraguro, proponiendo así una edad del Eoceno basal a Oligoceno para la acreción del terreno Macuchi.

Desde el Mioceno medio, posiblemente influenciado por la llegada de la cordillera asísmica de Carnegie, en el margen ecuatoriano, ocurrió un cambio en la geodinámica Andina, que muestra el desarrollo de una serie de cuencas extensionales. En la cordillera un periodo de erosión y deformación regional, precedido de la depositación de una serie de unidades volcánicas y volcanoclásticas de edad post Mioceno temprano, desarrollaron un nuevo arco magmático que continúa hasta el día de hoy. Esto incluye las formaciones Tarqui, Quimsacocha, Turumpamba, Turi, Uchucay, Santa Isabel y el grupo Ayancay con un rango de edad de 30 ma. Hacia el norte la formación Cisarán en parte descansa discordantemente sobre el grupo Saraguro, y grupo Zumbagua.

Como eventos geológicos finales se produce la depositación de la formación Cangahua (Cuaternario), depósitos superficiales (Holoceno) y las erupciones del Sangay y Tungurahua (Holoceno).

Geología Estructural

En el cantón Pallatanga se encuentran las fallas de sentido N-NE Pangor, Pallatanga, Bulu- Bulu, que regionalmente corresponden al límite E de las rocas oceánicas cretácicas.

La falla Pallatanga, según Lavenu (2006), identificada claramente desde el suroeste de la ciudad de Riobamba, hacia el sur por la población de Pallatanga, de la cual toma su nombre, tiene 200 km de largo y pertenece a la mega zona de cizalla Dolores - Guayaquil. Sigue el valle encajonado del río Pangor y recorta la Cordillera Occidental hasta el pie del volcán Chimborazo al oeste de la depresión interandina, se le atribuye la ocurrencia del

terremoto de Riobamba que destruyó esta ciudad así como numerosas localidades de la depresión Interandina (04 de febrero de 1797, MSK = 11)" (Cevallos, 2009).

La falla Pallatanga es la continuación, hacia el norte, de las fallas normales N50-N70°E del golfo de Guayaquil. En el valle del río Pangor, tiene una dirección N30°E; muestra una ruptura de pendiente a través de los relieves. "Los valles secundarios, afluentes del río Pangor, así como las crestas que separan las quebradas están desplazadas de manera dextral-inversa en la zona de falla. La presencia de pequeños desplazamientos (jóvenes) hasta grandes (antiguos) permiten determinar la geometría de la falla (N30°E/75°O) así como la velocidad del desplazamiento". (Winter & Alain, 1993).

En el cantón Pallatanga la falla interrumpe bruscamente los relieves y corta una serie de ríos tributarios al Pangor en un ángulo recto, además muestra escarpes abruptos. "La falla se encuentra afectando sedimentos glaciares, suelos y depósitos fluviales cuaternarios."(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2009).

"Los promedios observados corresponden a tres órdenes: 41 m, 590 m, 960 m. Los mismos permiten proponer que el desplazamiento de 41 m sería posterior al último máximo glacial y tendría una edad mínima de 10000 años, implicando una tasa de desplazamiento Holoceno comprendida entre 2,9 y 4,6 mm.a-1. Los desplazamientos de 590 m serían más antiguos que el último máximo glacial y podrían corresponder al último período inter-glacial datado en 120000 o 135000 años. Esto implicaría tasas de desplazamiento comprendidas entre 3,9 y 5,5 mm.a-1. Interpolando estos datos se observa que los desplazamientos de 960 m, tendrían una velocidad promedio de 3,8 mm.a-1, por lo que se puede suponer que estos hubieran empezado hace 250000 años, lo que corresponde al final de una glaciación mayor del Pleistoceno. Estas correlaciones muestran que la morfología no evoluciona de manera continua a escala de algunas decenas o de algunos centenares de miles de años, pero resulta de la superposición de eventos morfogenéticos distintos que parecen corresponder a las terminaciones glaciales mayores".(Winter & Alain, 1993).

La morfología de los escarpes atestigua una actividad mantenida de la falla, ya que el segmento de falla es rectilíneo en una distancia de 25 km.

Falla Multitud

A lo largo del río Yanayacu, desde aproximadamente el balneario del mismo nombre se observa un trazo muy lineal, que tiene como evidencia de movimiento facetas triangulares, relieves desplazados, contra escarpes y drenajes controlados. Este trazo se lo puede seguir por alrededor de 15 km. Por otra parte este accidente es un límite litológico entre la formación Apagua del Eoceno y la unidad Pallatanga del Cretácico (CODIGEM et al 1997). Estos autores denominan a esta falla como Multitud.

Segmento Bulu - Bulu – Zhucay – estero Las Piedras – San José Chico

La falla denominada Bulu - Bulu (CODIGEM, et al 1997), sigue el curso del río Bulu - Bulu hacia el NE, igualmente es un límite litológico entre la unidad Pallatanga y un grupo de intrusivos y rocas de la formación Ocaña del Eoceno. (CODIGEM, et al 1997). A lo largo del río Bulu - Bulu hasta el cerro Bueysirina la falla se ve muy lineal y muestra escarpes. A partir del cerro Bueysirina las evidencias morfológicas de movimiento son más claras, existen relieves desplazados y control de drenaje. El lineamiento corta el río Chanchán y luego sigue paralelo a su curso hasta la estación Chanchán (UTM 7285-97495) donde cambia de dirección de NE-SO a ENE-OSO hasta a población de Pistishí (UTM 7365-9752), donde nuevamente toma el rumbo NE-SO. En este segmento la falla muestra importantes zonas de deslizamientos especialmente en las cercanías de Huigra.

Más al norte la estructura continúa por Alausí y Tixán, en donde se han registrado algunos sismos y enjambres sísmicos. En 1689 fue destruido Tixán obligando a su reubicación en el sitio actual. En este sector en 1988, se registró un enjambre sísmico con eventos de hasta 5.0 grados en la escala de Richter. La estructura continúa hacia al norte pasando cerca de Palmira y Guamote. Las características morfológicas que definen este segmento son abundantes deslizamientos, control topográfico y de drenaje.

2.4. Geomorfología

La geomorfología es el estudio sistemático de las formas del relieve de la superficie terrestre y sus orígenes; proviene de las raíces griegas: geo = tierra, morphe = forma y logía = ciencia.

La geomorfología es conocida también como la descripción del Cuaternario, que interpreta el paisaje según agentes antrópicos. (Interrelaciones entre los distintos elementos: clima, suelo, vegetación y hombre).

Según (Gutiérrez-Valdés, 1989). "La geomorfología es una ciencia esencialmente genética y evolutiva, aunque también dinámica, cuyo objetivo es el de comprender como se han originado y cómo han evolucionado hasta el presente, los distintos elementos y propiedades del relieve.

Los estudios geomorfológicos expresan sus resultados a través de la identificación y zonificación de unidades geomorfológicas, que se realizan considerando las características morfo genéticas y morfo dinámicas presentes en el terreno.

Se divide en morfo-grafía, que es la medición y descripción exacta de las formas; morfo- génesis que es la explicación del surgimiento de las formas y morfodinámica que consiste en el estudio de los procesos que tienen lugar actualmente.

Sobre las formas terrestres externas actúan diferentes procesos, endógenos y exógenos.

Los procesos endógenos trabajan desde el interior de la tierra, deforman la corteza y tienen una influencia importante sobre la forma del moldeado de la superficie.

procesos exógenos, actúan directamente en la superficie terrestre o desde el exterior de la tierra. A ellos pertenecen las fuerzas del agua, hielo, viento, gravedad y trabajo del hombre cuya presencia actúa sobre las formas terrestres. Los procesos exógenos se relacionan con la geografía física, sobre todo por la influencia de las variaciones del clima en estos procesos.

Unidad Ambiental

Son clases o grupos que incluyen todas aquellas formas que son similares tanto en forma externa como en origen.

“Son áreas homogéneas que por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos donde el fundamento es la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación” (Acosta et al. 2009).

Unidad Fisiográfica

La fisiografía etimológicamente se deriva de las palabras griegas phisios= naturaleza y graphos= descripción, según Van Zuidan (1979), es la descripción de aspectos físicos de la tierra.

Para este estudio investigativo se establece que la unidad fisiográfica es equivalente a la unidad ambiental.

Características Morfogenéticas

“Describe las formas del relieve según su origen y los procesos geológicos y climáticos responsables de la creación de este relieve (Gustavsson, 2005)”.

Origen deposicional

Se refiere a formas originadas por agentes de depositación como: el agua, el hielo o el viento.

Origen deposicional acumulativo

Corresponde a las formas originadas en la superficie terrestre como producto de la acción denudativa, de formas deposicionales preexistentes.

Origen denudativo

Formas originadas por procesos de desgaste de la superficie terrestre.

Origen estructural plegado

Corresponde a rocas sedimentarias plegadas que se originan por plegamiento y tectonismo.

Origen tectónico denudativo

Corresponde a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas a colinadas de diversa altura y pendientes, que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos denudativos.

Origen volcánico

Son formas originadas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Las rocas ígneas extrusivas, lavas y piroclastos, constituyen los materiales parentales que conforman el soporte de este tipo de geofomas.

Paisaje

Desde el punto de vista geomorfológico se lo define como la forma actual de la superficie de la tierra.

Relieve

Se refiere a las formas que tiene la corteza terrestre.

Para este estudio investigativo se establece que paisaje es equivalente a relieve.

Características morfométricas

Las características morfo-métricas se refieren a la medida y valoración de las formas presentes en la superficie, comúnmente representadas por valores de la inclinación de las laderas, altitud del terreno, gradiente y dirección de los drenajes, densidad del drenaje, forma de cima. Estas características requieren de medidas en el terreno.

Altitud del terreno

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la base y la parte más alta de las formas de relieve.

Inclinación del terreno

Se refiere al ángulo de inclinación del terreno; está expresado en porcentaje (Tabla No. 1). Se la determina por el gradiente topográfico:

Fórmula No. 1 Gradiente topográfico.

$$i = \frac{h_2 - h_1}{l}$$

Donde:

i: pendiente

h₂: cota mayor h₁: cota menor

l: distancia en planta entre h₂ y h₁

Tabla No. 1 Rango de pendientes en porcentaje.

Tipo	Descripción (%)
Plana	0 a 2
Muy suave	2 a 5
Suave	5 a 12
Media	12 a 25
Media a fuerte	25 a 40
Fuerte	40 a 70
Muy fuerte	70 a 100
Escarpada	100 a 150
Muy escarpada	150 a 200
Abrupta	> a 200

Fuente:(Andrade & Cabrera, 2013).

Longitud de la vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros. Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla No. 2 Clasificación según la longitud de vertiente.

Tipo	Descripción
Muy corta	< a 15 m
Corta	15 a 50 m
Moderadamente larga	50 a 250 m
Larga	250 a 500 m
Muy larga	> a 500 m

Fuente: Van Zuidam R. 1985.

Patrones y densidad de drenaje

Cuando el agua de escorrentía se concentra, erosiona la superficie terrestre creando canales, formando redes cuya forma es controlada por aspectos litológicos y estructurales (Tabla No. 3).

Tabla No. 3 Categorización patrones de drenaje.

Tipo
Dendrítico
Subdendrítico
Paralelo
Enrejado
Rectangular
Radial
Anastomosado
Pinnado
Meándrico

Fuente:(Andrade & Cabrera, 2013).

Densidad de drenaje

Corresponde al espaciamiento existente entre cada uno de los drenajes que forman la red. A menor densidad el material de mayor dureza presenta alta resistencia a la erosión (Tabla No. 4).

Tabla No. 4: Categorización de la densidad de drenaje.

Tipo	Espaciamiento
Fino (muy disectado)	<150 m
Medio (disectado)	150 a1500 m
Grueso (poco disectado)	>1500 m

Fuente:(Andrade & Cabrera, 2013).

Geoforma

Define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje.

Geoformas de origen deposicional

Terraza baja y cauce actual (Tb): Comprende tanto el lecho del río como el nivel directamente superior (terrazza baja), ya que resultan difícilmente discriminables. Están sujetos a una dinámica constante especialmente en época lluviosa.

Terraza media (Tm): Superficie plana limitada por un escarpe, ubicada por encima de la terraza baja; corresponde a un antiguo nivel de sedimentación del río. Presenta pendientes bajas debido a que ha sido ya modelada por la erosión.

Terraza alta (Ta): Se ubica sobre la terraza media y corresponde al nivel más antiguo de depositación del río. Presenta un disectamiento acentuado y vegetación más frondosa.

Geoformas de origen deposicional acumulativo:

Superficie de cono de deyección antiguo (Cds): Es una forma de modelado fluvial que en planta se caracterizan por tener una silueta cónica o en abanico y una suave pendiente, generándose al final de los valles torrenciales, en las zonas de pie de monte, donde la pendiente de las laderas enlaza con una zona llana. Por lo general presenta cierto grado de disección.

Superficie de cono de deyección reciente (Cy): Depósito de sedimentos en forma de cono que normalmente se desarrollan al pie de una ladera en la zona donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso.

Coluvión antiguo (Can): Formado por depósitos transportados desde la parte alta de la ladera por acción de la gravedad. El material depositado es angular poco clasificado, por lo general presenta vegetación, que indica cierto nivel de madurez o antigüedad.

Coluvio aluvial antiguo (Co): Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean, puede estar cubierto con vegetación más desarrollada, que indica un mayor nivel de madurez o antigüedad.

Geoformas de origen denudativo

Garganta (Gr): Caracterizado por vertientes pronunciadas, las cuales poseen desniveles superiores a los 15 m. Se originan a partir de procesos denudativos por un curso de agua. Su pendiente es más pronunciada que aquellas de los relieves circundantes.

Escarpe de deslizamiento (Edz): Superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera.

Barranco (Br): Un barranco es un desnivel brusco en la superficie del terreno causado por la erosión de un río, arroyo o torrente.

Flujo (Fl): Se refiere a geoformas relativamente alargadas, estrechas y delgadas compuesta de suelo o detritos de roca, en algunos casos fluyen a modo de ríos por cauces estrechos.

Encañonamiento (Ec): Originado por un curso de aguas que a través de un proceso de erosión, excava en terrenos, haciendo una incisión lineal de tendencia rectilínea con vertientes casi verticales y desniveles de hasta 50 m. Posee carácter estructural, dirigido por levantamientos tectónicos y por descensos del nivel base.

Escarpe de falla (Ef):

Desplaza la superficie del terreno de manera que uno de sus lados permanece elevado.

Relieves denudativos colinados y montañosos

Relieve (R): elevación producto de la denudación por agentes como: el agua, glaciares, viento. Relacionados a rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias consolidadas, que es categorizado según el desnivel relativo que presente (Tabla No. 5).

Tabla No. 5 Clasificación de los relieves según el desnivel relativo.

Relieve	Desnivel relativo (m)
Relieve montañoso (R7)	>300
Relieve colinado muy alto (R6)	200-300
Relieve colinado alto (R5)	100-200
Relieve colinado medio (R4)	25-100
Relieve colinado bajo (R3)	15-25
Relieve colinado muy bajo (R2)	5-15
Relieve ondulado (R1)	0-5

Fuente:(Andrade & Cabrera, 2013).

Geoformas de origen estructural plegado

Relieves estructurales colinados y montañosos

Relieve (R): elevación producto del plegamiento y tectonismo, asociada a rocas sedimentarias consolidadas, categorizado según el desnivel relativo que presente (Tabla No. 5).

Geoformas de origen volcánico

Relieves volcánicos colinados y montañosos

Relieve (Rv): elevación producto de la acumulación de material volcánico reciente, categorizado según el desnivel relativo que presente (Tabla No. 5).

2.5. Fenómenos de geodinámica interna

Se originan por fuerzas que actúan desde el interior de la Tierra (fuerzas endógenas o tectónicas). Se inicia en la astenosfera. Está relacionada con la formación de montañas, mesetas, cordilleras, entre otras, por lo tanto, es constructora del relieve de nuestro planeta.

Procesos de geodinámica interna

Formación por plegamientos

Aquí las montañas u orógenos se forman como consecuencia de la convergencia de placas litosféricas en una zona de subducción o al colisionar dos masas continentales, produciendo el flexionamiento de la corteza.

Orogénesis

Es un conjunto de procesos geológicos que se producen en los bordes de las placas tectónicas y que dan lugar a la formación de un orógeno o cadena montañosa.

Vulcanismo

Es el ascenso del magma hacia la superficie terrestre debido a un aumento de la presión interna de la Tierra. Puede ser de dos clases: intrusivo o extrusivo.

Sismicidad

La sismicidad es el estudio de los sismos que ocurren en algún lugar en específico. Un lugar puede tener alta o baja sismicidad, lo que tiene relación con la frecuencia con que ocurren sismos en ese lugar.

Se denomina sismo o terremoto a las sacudidas o movimientos bruscos del terreno generalmente producidos por disturbios tectónicos o volcánicos.

Una forma de representar gráficamente los niveles de intensidad de un sismo es a través de mapas de isosistas, los cuales representan curvas con igual nivel de intensidad.

2.6. Fenómenos de geodinámica externa

Son todos aquellos fenómenos que participan en la evolución del modelado de la superficie terrestre, como resultado de la interacción de agentes geodinámicos, que pueden ser percibidos por el hombre. Ocurren bajo diferentes modalidades o mecanismos, dependiendo del agente principal y los factores que participan en su origen y desarrollo.

Agentes geodinámicos externos

El agua

Es el agente geodinámico importante ya que su acción modeladora de la superficie es casi universal. Participa en todas las etapas o fases de los ciclos de erosión y sedimentación tales como:

- a) La meteorización, como agente de la descomposición química de los materiales rocosos.
- b) En la remoción de materiales rocosos. En la acumulación de sedimentos
- c) Las gotas de lluvia al impactar en la superficie terrestre desarrollan una labor de desgaste, su efecto es mayor en las zonas desprovistas de vegetación. La erosión se intensifica a medida que se concentran en arroyos para luego formar los cursos de agua mayores.

El sol

Es el agente geodinámico más importante, interviene en todos los procesos que ocurren en la Tierra, mediante las variaciones de temperatura, influye en el comportamiento del agua y el viento, proporcionando cambios en el estado o resistencia de los cuerpos.

La gravedad

Es la aceleración a la que está sometido un cuerpo dejado caer libremente y sin rozamiento sobre la superficie terrestre. Los pliegues, deslizamientos, aludes, barrancos, conos de deyección, derrubios, avalanchas, etc., son el resultado del efecto producido por un descenso de materiales a lo largo de la pendiente.

El viento

Ejerce una acción de movilización o transporte y otra de erosión. La acción del viento se produce en los desiertos, en regiones de clima extremadamente seco donde existe muy poca vegetación y en regiones tropicales.

Organismos vivos y vegetación

Este proceso juega un papel importante en el modelado del relieve, ya que la acción de los vegetales (meteorización orgánica) y organismos vivos provoca la destrucción de las rocas por efectos mecánicos (raíces) o por disolución (segregación de ácidos).

Factores geodinámicos

La formación y desarrollo de los fenómenos geodinámicos están condicionados a ciertos factores que determinan su intensidad, magnitud y frecuencia. Algunos de los factores o causas tienen una participación pasiva o estática, mientras que los otros son activos o desencadenantes.

Litológicos

Las rocas que afloran en un lugar según sea su naturaleza, composición mineral o propiedades físicas y químicas, van a tener un determinado comportamiento y modo de evolucionar en el ambiente en que se encuentren.

Estratigráficos

Se refieren al modo en que yacen o están dispuestas las rocas, lo que determina la estabilidad o inestabilidad de los terrenos.

Tectónicos

Están vinculados al tipo, modalidad, magnitud e intensidad de deformación presente en los afloramientos rocosos tales como: fallas, pliegues, diaclasas, que dislocan los macizos y rompen la estabilidad de la estructura primaria de la roca.

Se refiere también a la presencia de evidencias del tectonismo reciente o neo tectónica como fuente de inestabilidad y deformación; así como de liberación de energía sísmica.

Topográficos

Hace referencia a las características morfológicas y morfométricas del relieve de la superficie terrestre.

Climatológicos

Las variables climatológicas como temperatura, humedad, eliofanía y otras, según sea su manifestación y ocurrencia, participan de las condiciones ambientales de una región y determinan la velocidad de meteorización de la roca, la intensidad, frecuencia y magnitud de los fenómenos hidrométricos, que desencadenan otras manifestaciones geodinámicas de magnitudes catastróficas.

Hidrológicos

Distribución, espacial y temporal, de las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares en la superficie, que provocan la saturación y sobre peso de los materiales rocosos, el socavamiento y erosión de los taludes y disolución de las rocas solubles.

Antrópicos

Son todas las actividades mediante las cuales el hombre altera y rompe el equilibrio del medio natural, puede considerarse como factor detonante o condicionante.

2.7. Fenómenos de remoción en masa

Los diferentes procesos de movimientos en masa, implican tal cantidad de procesos y factores que ofrecen ilimitadas posibilidades de clasificación.

Pueden diferenciarse en función del tipo cinemático de movimiento, tipo de material movilizado, según su estado de actividad, velocidad del movimiento y etapa de desarrollo, entre otros.

La proliferación de clasificaciones, ha dado lugar a una copiosa terminología científica, el término genérico para designar a los movimientos en masa, es diferente, tal

como indica Crozier, (1986): slope failure Ward, (1945), mass wasting, Yatsu, (1966), mass movement (Hutchinson, 1968), landslides Varnes, (1958), y slope movement Varnes, (1978).

Existen otras clasificaciones que han tenido acogida en la época que fueron publicadas. La clasificación de Terzagui, (1943) está basada en las propiedades físicas de las rocas afectadas, Sharpe, (1938), clasifica los movimientos de masa en función del material movilizado, tipo de velocidad y movimiento. No hay consenso en cuanto al sistema de clasificación de movimientos en masa a utilizar, puesto que todas las clasificaciones existentes tienen sus limitaciones. Actualmente las clasificaciones más consistentes son las de Varnes, (1978), Hutchinson, (1988) y Cruden y Varnes, (1996).

Como la terminología es variada según los distintos autores conviene precisar, en primer lugar, el término deslizamiento que Cruden, (1991) define como: el movimiento de una masa de rocas, detritos o tierras hacia abajo de una ladera. Habitualmente se usa el término deslizamiento en un sentido amplio para designar casi todas las variedades de procesos de movimientos en masa producidos en las laderas, incluyendo algunos como: caídas, vuelcos o flujos, en los que no hay deslizamiento o es muy pequeño Varnes (1984).

El término movimiento en masa es el más preciso para designar genéricamente estos procesos.

Según Cruden, (1996), el término fenómenos de remoción en masa incluye todos aquellos movimientos de ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad.

Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material definidos como procesos de „movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores. Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad Cruden, (1991).

Los movimientos en masa pueden diferenciarse por el tipo de material involucrado y las características del movimiento (Tabla No. 6).

Tabla No. 6 Clasificación de los tipos de movimientos.

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Lecho rocoso	Suelos	
			Grano grueso	Grano fino
CAÍDAS		Caídas de roca	Caída de detritos	Caída de tierra
VOLCAMIENTO		Volcamiento de roca	Volcamiento de detritos	Volcamiento de tierra
DESLIZAMIENTOS	ROTACIONAL	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
	TRASLACIONAL			
PROPAGACIÓN LATERAL		Propagación de roca	Propagación de detritos	Propagación de tierra
FLUJOS		Flujo de roca (reptación profunda)	Flujo de detritos	Flujo de tierra
			(Reptación de suelo)	
COMPLEJOS		Combinación de dos o más tipos principales de movimiento.		

Fuente: (Cruden y Varnes, 1996).

La escala de velocidades hecha por Cruden y Varnes (1996) (Tabla No. 7), es un parámetro importante, ya que permite conocer la intensidad de los movimientos en masa y correlacionar con la amenaza que puede significar cada uno. La velocidad depende de parámetros intrínsecos externos y la cantidad de material.

Tabla No. 7 Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	5 m/s
6	Muy rápido	3 m/min
5	Rápido	1,8 m/h
4	Moderada	13 m/mes
3	Lenta	1,6 m/año
2	Muy lenta	16 mm/año
1	Extremadamente lenta	

Fuente:(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2009).

Tipos de procesos por movimientos en masa

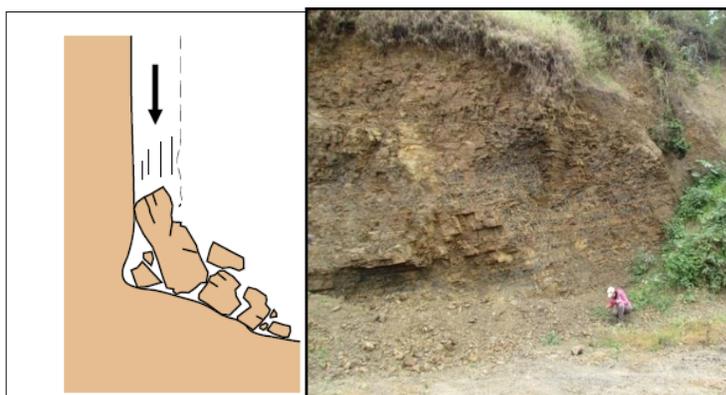
Caídas o desprendimientos

Es considerada también como un desprendimiento de uno o varios bloques de suelo o roca. El movimiento puede ser muy rápido a extremadamente rápido. Las caídas pueden presentarse en: acantilados, riberas empinadas de ríos, los límites de una meseta. También pueden ocurrir en escarpes de falla, cortes de vías o canteras.

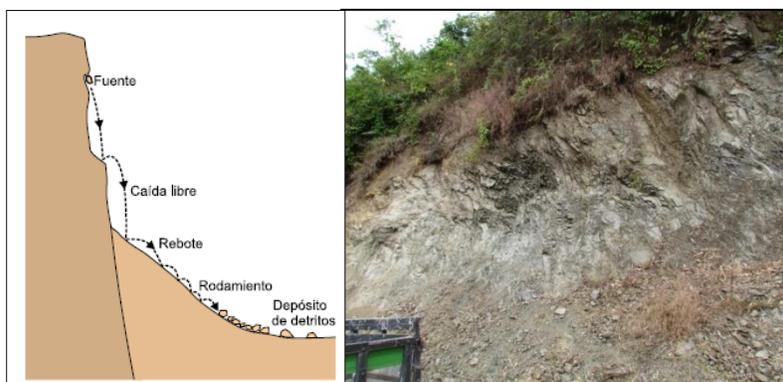
Ocurren cuando las pendientes naturales exceden el equilibrio límite de los materiales que la componen.

Se define generalmente como una masa de rocas que se desprende de un talud abrupto, mediante una superficie de corte normalmente pequeña. Suelen dividirse en caídas de rocas, detritos y suelos, si bien la mecánica de los procesos es muy similar. La forma de la superficie inicial de rotura, puede ser planar, en cuña, escalonada o vertical. Las causas son muy variadas y una de las más importantes se debe a la formación de hielos en las diaclasas, cuyo aumento de volumen del 9% puede conducir el ensanchamiento de las mismas. Las lluvias intensas también suelen constituir un factor desencadenante, otro factor muy frecuente lo constituye la socavación de la ladera producida por erosión fluvial. También las sacudidas sísmicas pueden ser un factor desencadenante.

Figura No. 1 Caída de rocas.



Fuente:(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, 2007)(Izquierda). Caída de rocas. Sector. Sucuso.2013 (Derecha).



Fuente:(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, 2007)(Izquierda). Caída de rocas. Sector. San Francisco. 2013 (Derecha).

Volcamiento

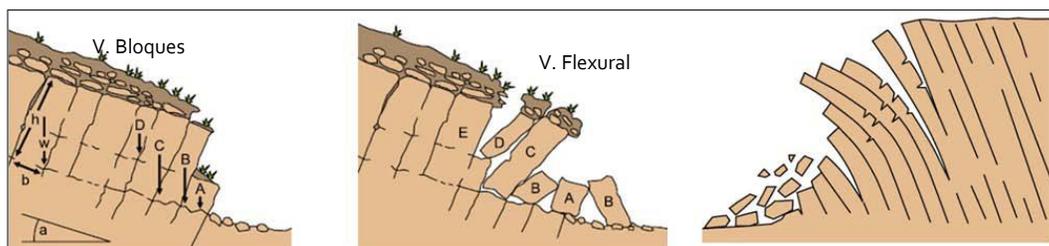
Son movimientos de rotación, generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de suelos o roca, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior (

Figura No. 2).

Consiste en una rotación hacia afuera de la ladera de una masa de suelo o roca, en torno a un punto o eje por debajo del centro de gravedad de la masa desplazada Cruden y Varnes, (1996). Los vuelcos son roturas que se desarrollan sobre materiales con estructuras verticales, formada por planos de discontinuidad de la roca. El vuelco por flexión se encuentra frecuentemente en pizarras, filitas y esquistos. El vuelco de bloques presenta columnas con diaclasas muy esparcidas, son típicos de calizas, areniscas masivas y rocas volcánicas columnares.

Los factores que influyen en los vuelcos son los ciclos de hielo y deshielo, meteorización salina en areniscas y disolución en calizas. Estos procesos de meteorización debilitan la roca, profundizan las grietas y facilitan la socavación basal. Por otra parte los vuelcos de rocas se producen en grandes escarpes, mientras que los vuelcos en detritos, se encuentran en pequeños escarpes.

Figura No. 2 Mecanismos de falla por volcamiento.



Fuente:(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, 2007).

Deslizamiento

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978), clasifica a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

Deslizamiento traslacional o planar

“Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. Estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella.” Cruden y Varnes, (1996).

Su velocidad puede variar desde rápida a extremadamente rápida, se presentan en tres tipos de material: roca, suelo y detritos.

Deslizamiento rotacional

Es un movimiento de ladera de una masa de suelo o roca que tiene lugar fundamentalmente sobre superficies de rotura de forma circular o sobre estrechas zonas de intensa deformación por cizallamiento. Con frecuencia las primeras señales de movimiento del terreno son grietas superficiales y a lo largo de ellas se suele desencadenar el deslizamiento. Por lo tanto, se trata de un movimiento progresivo, en la que la masa

desplazada se puede deslizar más allá de la superficie original de rotura, sobre la superficie del terreno original, que constituye entonces una superficie de separación.

Una vez producido el deslizamiento se puede observar en los escarpes y flancos estrías indicadoras de la dirección del movimiento. Los deslizamientos pueden ser diferenciados de grado de actividad (con movimiento actual), durmientes o latentes (sin movimiento en el último año, pero pueden reactivarse), y relictos o estabilizados (sin capacidad de reactivación) (Figura No. 4).

La tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales poco competentes como las arcillas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, los mecanismos que comúnmente activan estos procesos son los terremotos, explosiones y las variaciones súbitas del nivel freático seguidas de periodos lluviosos (Figura No. 3).

Elementos de un deslizamiento

Corona: sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas juntas de tensión.

Escarpe principal: superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

Escarpe menor: superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

Punta de la superficie de ruptura: la intersección (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

Cabeza: La parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

Tope: el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Cuerpo principal: la parte del material desplazado que sobre-yace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

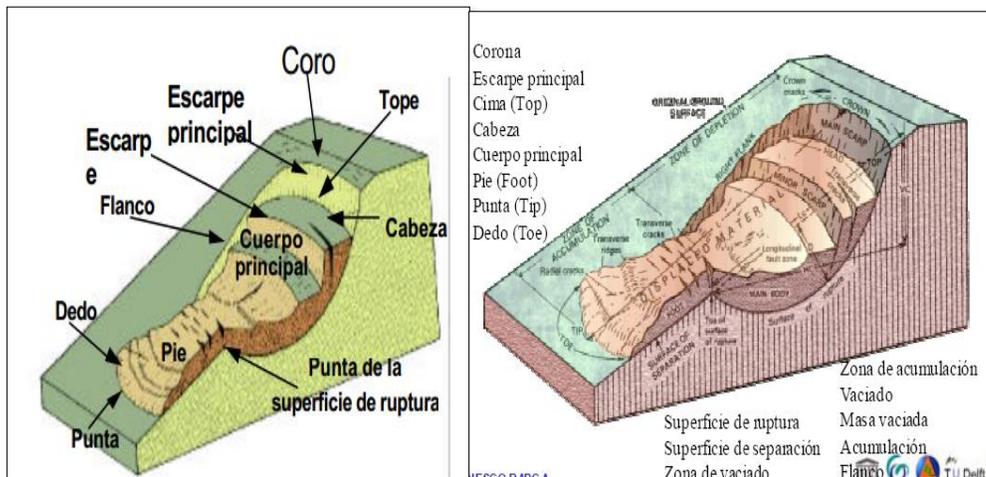
Flanco: lado del deslizamiento

Pie: la porción de material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.

Dedo: el margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

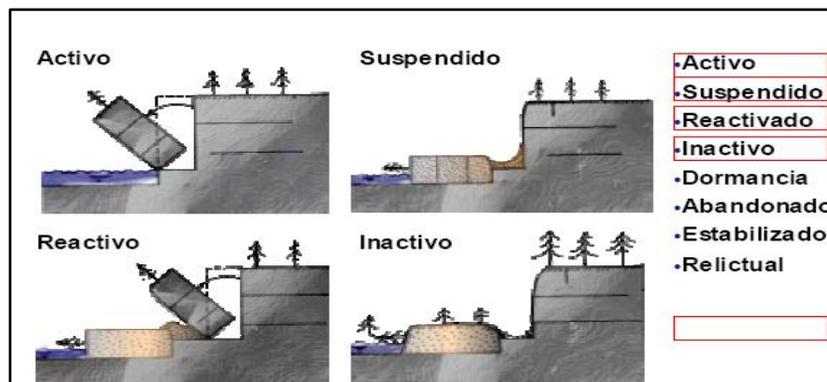
Punta: el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

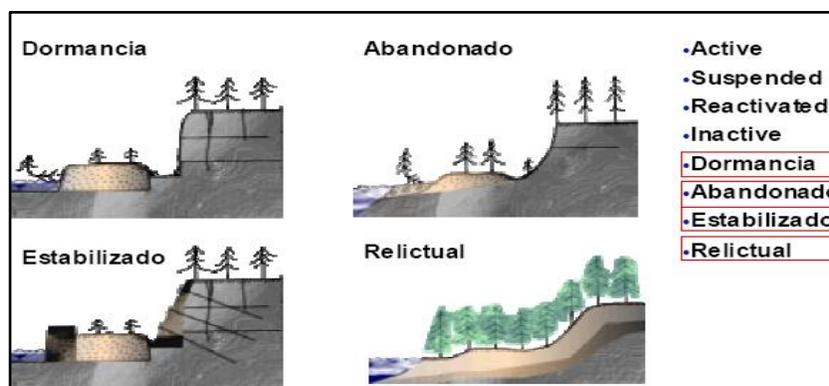
Figura No. 3 Deslizamiento rotacional.



Fuente: (Froilán, 2010) (izquierda), Unesco RAPCA. (derecha).

Figura No. 4 Estado de actividad de los deslizamientos.





Fuente: UNESCO RAPCA.

Flujos

Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. Puede originarse a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída Varnes, (1978). Hungr et al. (2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral, entre otras, teniendo así:

Flujos de detritos

Muy rápidos a extremadamente rápidos de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

Avalanchas de detritos

Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufren una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo (Figura No. 5).

Figura No. 5: Flujos canalizados y no canalizados.

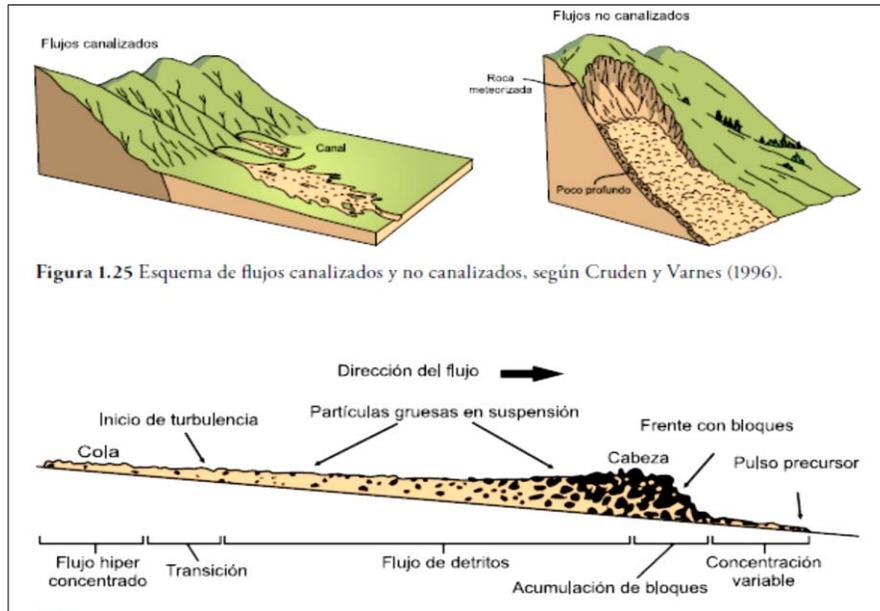


Figura 1.25 Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

Fuente: (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas, 2007).

Fotografía No. 1 Flujo canalizado. Sector San Vicente de Chalo. 2013.



Reptación de suelos

Es el movimiento lento del suelo y/o de detritos rocosos pendiente abajo, por lo general no perceptible, que afecta la parte superficial de la ladera, la capa de suelo y en algunos casos la capa superior de la roca alterada.

Por lo general los efectos de reptación de suelos no son muy visibles, excepto por la vegetación y las estructuras construidas por el hombre. Se hacen evidentes por la presencia de árboles encorvados, postes de alumbrado inclinados, agrietamientos de paredes, ruptura de cercos.

Fotografía No. 2 Reptación de suelo. Sector Ayazamba. 2013.



Erosión en cárcavas

Este fenómeno se desarrolla en laderas, terrenos inclinados que tienen poca cobertura vegetal, y en regiones donde las lluvias son estacionales o intensas.

Las cárcavas son zanjas o surcos que se forman en las laderas, por acción de las aguas superficiales que al desplazarse ladera abajo, tienen la suficiente capacidad de erosionar los materiales finos de la superficie a lo largo de su recorrido.

Fotografía No. 3 Erosión en cárcavas. Sector Panza Chico. 2013



Inundaciones

Son los fenómenos que en el mundo causan mayor impacto en numerosas poblaciones. Se puede definir como el emplazamiento paulatino o violento de las aguas en cantidades abundantes sobre una superficie determinada.

Su origen se debe a lluvias torrenciales sobre terrenos que no tiene un buen sistema de drenaje o evacuación.

2.8. Fotointerpretación

"Es la técnica que permite la obtención de información primaria, bajo la premisa de que los aspectos geológicos: tipo de roca, formaciones superficiales, tectónica; aspectos geomorfológicos: morfología, morfometría, morfodinámica; aspectos hidrográficos: densidad, forma del drenaje; uso del suelo; movimientos en masa; infraestructura, son claramente identificables y susceptibles de ser analizados a través de la observación estereoscópica". (Andrade & Cabrera, 2013).

Para foto - interpretar se toma en cuenta la tonalidad en la fotografía (referida a la intensidad relativa de la luz reflejada por el terreno y registrada sobre la película), se considera el patrón de drenaje como diagnóstico para identificar la litología y rasgos estructurales de una región. La tonalidad está definida por el contenido de agua, humedad y permeabilidad de la roca. Los tonos más claros son indicadores de poca humedad mientras que los más oscuros representan zonas más húmedas.

La textura de la foto, indica el aspecto grueso, fino, uniforme, liso, lineado, moteado o bandeado, refiriéndose al grado de disección del relieve y a la densidad del drenaje. El tono se refiere a una distinta composición litológica o grado de meteorización, rasgos acentuados por un notable bandeado, particularmente evidente en ambientes áridos. "La textura de erosión se refiere al aspecto fino o grueso de la roca; son de tono relativamente más claro y textura de erosión uniforme y fina las rocas con superficies lisas, como por ejemplo lutitas; por otra parte, rocas fracturadas como las graníticas o material de grano grueso como

conglomerados, presentan una textura de erosión gruesa y generalmente poco uniforme".(Andrade & Cabrera, 2013).

Identificación de los fenómenos de remoción en masa a través del análisis de fotografía aérea digital

La resolución espacial requerida para el reconocimiento de los principales rasgos de FRM es de unos 10 metros (Richards, 1982). Sin embargo, tal reconocimiento depende en gran medida de la habilidad y experiencia del intérprete. Pueden utilizarse escalas aero - fotográficas tan pequeñas como 1:60.000.

La presencia de agua en pequeñas cantidades, sin ser el agente principal, influye en el desarrollo de estos fenómenos, con más frecuencia en los terrenos escarpados de las vertientes de los ríos, lagos, acantilados, y áreas geológicamente jóvenes.

Características fotogeológicas de los procesos de remoción en masa

La identificación de procesos de remoción en masa a través de fotografías aéreas básicamente es la discriminación de rasgos semejantes para cada fenómeno de remoción en masa;

Flujos: se toma en cuenta los drenajes principales y secundarios, con tonalidades grises claras a oscuras, siendo los tonos claros la zona de inicio del flujo, mientras que los tonos oscuros corresponden a depósito de materiales arrastrados.

Avalanchas: presentan direcciones de flujo de materiales lineales con tonalidades claras.

Deslizamientos: ausencia de vegetación, la forma circular del escarpe principal, tonalidades claras, cambio de la textura de la foto.

2.9. Análisis de susceptibilidad a procesos de remoción en masa

Riesgo

Se define como la probabilidad de que ocurran consecuencias perjudiciales (víctimas, daños a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) como resultado de la interacción entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. (Vivir con el riesgo: énfasis en la reducción del riesgo de desastres, 2012)

Amenaza

Evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

Las amenazas incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas

tecnológicas). Pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad. (Vivir con el riesgo: énfasis en la reducción del riesgo de desastres, 2012)

Vulnerabilidad

Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. (Vivir con el riesgo: énfasis en la reducción del riesgo de desastres, 2012).

Fórmula No.2 Riesgo.

$$R = A \times V$$

Donde:

R: riesgo

A: Amenaza

V: Vulnerabilidad

Zonificación de la amenaza

De acuerdo con la manera como se sintetizan, los factores o capas, de información para obtener el mapa final de amenaza, el INGEOMINAS (Ojeda, 1996) clasifica tales métodos como:

- Método implícito

La zonificación de un área geográfica se realiza mediante observación directa de un experto, quien se basa principalmente en su conocimiento y experiencia.

- Método semi-implícito

Es de tipo observacional, pero ayudado por una lista de chequeo o contando con algunos criterios predefinidos, de manera que el grado de subjetividad se reduce, ya que se realiza una evaluación de los mismos factores con criterios semejantes.

- Métodos explícitos

Explícito empírico

Los factores de análisis se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se les asignan a cada uno. La ponderación es dada por un especialista, quien en base a su conocimiento y experiencia de la zona asigna valores a los componentes de un factor. Esta técnica conocida como combinación de mapas cualitativos, es bastante atractiva y popular, por su facilidad de aplicación al emplear sistemas de información geográfica (SIG). Su dificultad radica en la asignación apropiada de puntajes, que puede conducir a resultados muy pobres.

Explícito semi-analítico

En este método los factores se califican en forma semejante al método anterior, pero se combinan con formulaciones matemáticas. Entre las técnicas que se podrían incluir están el análisis estadístico univariado y el análisis estadístico multi-variado. El método estadístico uni-variado, es aplicable a zonas donde se tenga una muestra estadística representativa de

movimientos en masa. Este mapa se combina con cada uno de los otros mapas de factores (por ejemplo, pendientes, material geológico, tipo de cobertura, Se calcula la densidad de deslizamientos y se le asigna un peso ponderado.

Se parte de una serie de información inicial básica de distinto tipo, obtenida de numerosas fuentes, cuya confiabilidad debe verificarse. Esta información se analiza y se concierte en mapas digitales para poder emplearla dentro de un SIG. Con esta información se elaboran mapas índices, que corresponden a los factores o parámetros de análisis que luego se ponderan por comprobación estadística con la densidad de movimientos en masa, para obtener inicialmente un mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

2.10. Factores condicionantes de generación procesos de remoción en masa

Son aquellos relacionados a la propia la naturaleza, que generan una situación potencialmente inestable. Estos corresponden principalmente a la geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, que actúan controlando la susceptibilidad de una zona a generar procesos de remoción en masa, donde la susceptibilidad se define como la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico determinado (Sepúlveda, 1998).

Cada uno de los distintos procesos de remoción en masa tiene génesis y comportamiento distintos, por lo cual cada uno podrá ser influenciado por diversos factores de maneras y grados diferentes (Tabla No. 8).

Tabla No. 8 Factores condicionantes relevantes para cada tipo de proceso de remoción en masa.

Tipo de remoción en masa	Caídas	Deslizamientos	Vuelcos	Flujos	Extensiones laterales
Factores condicionantes					
Geología y Geotecnia	X	X	X	X	X

Tipo de remoción en masa	Caídas	Deslizamientos	Vuelcos	Flujos	Extensiones laterales
Factores condicionantes					
Geomorfología	X	X	X	X	X
Hidrología e Hidrogeología	X	X	X	X	X
Vegetación y Clima		X		X	X
Actividad Antrópica	X	X	X	X	

Fuente:(Lara & Sepúlveda, 2008).

- a) Geomorfología
- b) Factor morfo métrico
- c) Factor litológico

Se refiere a la composición de las unidades geológicas, tanto del macizo rocoso como de los depósitos superficiales.

Tabla No. 9 Factor litológico.

Denominación geológica o depósito superficial	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Unidad Macuchi	Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas.
Formación Yunguilla	Lutitas negras físlas, finamente estratificadas.
Depósitos Aluviales	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio.
Depósitos Coluviales	Cantos, gravas y arenas.
Depósitos Coluvio Aluviales	Limos, arenas de grano fino a grueso.

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

d) Factor fisiográfico de la cobertura vegetal

Es la influencia del medio ambiente tanto de factores abióticos (clima, presión atmosférica, vientos) como de factores bióticos (densidad poblacional, enemigos naturales, vegetación).

Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo, en algunos casos material muy alterado fomenta la formación y aceleración de los procesos por movimientos en masa ya que un suelo arcilloso se satura por la cantidad de agua recibida, se hace más pesado y combinado con el grado de pendiente se puede derrumbar o deslizar.

"El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes ha sido muy debatido en los últimos años; incluso ha dejado muchas dudas e inquietudes en relación a la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo; sin embargo la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas sub superficiales" (Suárez, 1998).

e) Factor antrópico

Conjunto de procesos de degradación del relieve y del subsuelo causado por la acción del hombre. (También se lo conoce con la denominación de erosión antrópica, puede ser considerado como factor condicionante o detonante)

Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son:

Cambios en la topografía y cargas del talud

- ✓ Descargo del talud por remoción de suelos y rocas por corte.
- ✓ Sobrecarga por medio de rellenos, edificios, etc.
- ✓ Subsistencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).

Cambios en las condiciones de humedad

- ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjias, represas, etc.

- ✓ Modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, etc.
- ✓ Infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.
- ✓ Aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud.
- ✓ Negligencia en el drenaje superficial y subterráneo.
- ✓ Cambio general en el régimen de aguas superficiales.
- ✓ Construcción de reservorios o presas.

Vibraciones

- ✓ Vibraciones de máquinas.
- ✓ Vías de comunicación.
- ✓ Explosivos.
- ✓ Efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).

Cambios en la cobertura vegetal

- ✓ Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, etc.
- ✓ Modificación del uso del suelo.

Otros factores antrópicos

- ✓ Negligencia en el manejo de los taludes.
- ✓ Utilización de los taludes para el paso de personas y animales.

Esto sucede, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación, especialmente en obras viales (carreteras y puentes) explotación de tajos, desarrollos urbanísticos, rellenos mal hechos, corte en el perfil natural de laderas, deforestación: prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve

procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro.

f) Factor estructural

Lineamientos regionales

"Es una característica fisiográfica lineal del terreno, que consiste generalmente en una alineación de elementos topográficos, morfológicos, hidrográficos, vegetales u de otra índole, que pueden reflejar control por la geología subyacente, en particular la presencia de fallas, que están ligadas a la ocurrencia de FRM." (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2009).

La dinámica de la tectónica a nivel regional (mesotectónica), provoca la deformación de los diferentes macizos rocosos, obteniendo lineamientos estructurales que determinan zonas preferenciales de debilidad como son las fallas, plegamientos, proporcionando una identificación macro para determinar estructuras de menores dimensiones.

2.11. Factores desencadenantes de generación procesos de remoción en masa

Son aquellos factores que disparan o detonan la inestabilidad.

a) Factor Sísmico

Proceso de liberación abrupta de energía acumulada en la corteza terrestre por deformación elástica y que puede resultar en desplazamiento o deformación de la corteza terrestre. Al llegar a la superficie, estas ondas producen la sacudida del terreno, que son causantes de daño y destrucción. "Puede actuar como un factor detonante o desencadenante para la ocurrencia de FRM."(Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2009).

b) Factor Hidrológico

Se refiere a la acción de las aguas de escorrentía superficial que provocan la saturación y sobre peso de los materiales rocosos, el socavamiento y erosión de los taludes y disolución de las rocas solubles. La presión que ejerce el agua sobre las rocas y suelos, hace

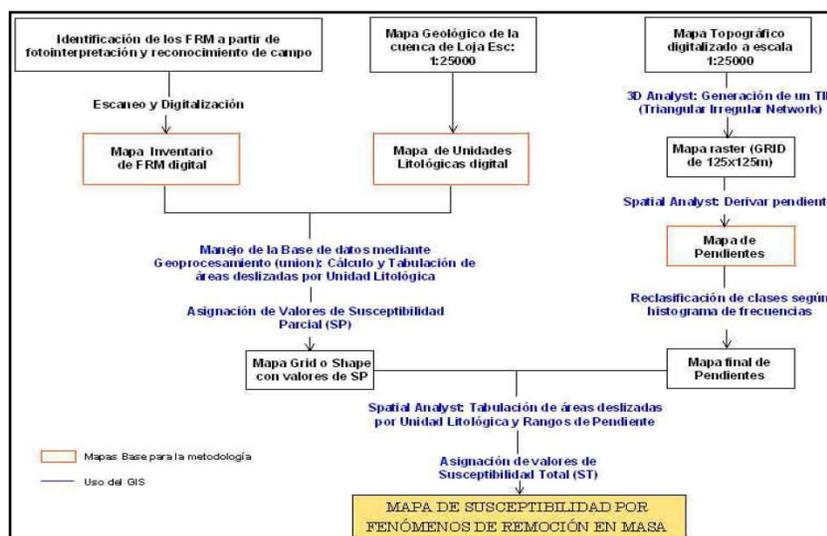
que se alteren las condiciones de estabilidad de los taludes y se precipiten fenómenos como deslizamientos, hundimientos, etc.

2.12. Método de Brabb

Es un método estadístico univariado, que relaciona el mapa de FRM, con la litología y pendientes. Utiliza información que puede ser accesible y fácilmente obtenida a través de la fotointerpretación y salida de campo. Este método determina la susceptibilidad a la ocurrencia de FRM.

Diagrama de flujo de los factores que intervienen en el modelo:

Figura No. 6: Diagrama de flujo de los factores que intervienen en el método de Brabb.



Fuente: (Ibadango, Metodología para la Elaboración de mapas de Susceptibilidad por procesos de movimientos en masa., 2013).

2.13. Método de Mora Varhson

Esta metodología permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfo-dinámicos, la cual es sencilla de implementar en un SIG.

Los mapas generados con esta metodología se utilizan y aplican como instrumentos en la toma de decisiones para los procesos de planificación del uso del terreno, explotación

de recursos naturales y el desarrollo de infraestructura y urbanismo y líneas vitales (Mora, R. et al., 1992). El resultado de su aplicación será una mejor comprensión de los procesos de remoción en masa en el área de estudio.

La metodología permite desarrollar una aproximación del grado de amenaza y/o peligro a procesos de remoción en masa, además de ser valiosa en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto al destino de los recursos.

Esta metodología no debe sustituir los estudios geotécnicos de campo y laboratorio, necesarios para el diseño y concepción de las obras civiles y sus complementos de protección y mitigación correspondientes (Mora, R. et al., 1992).

Factores y parámetros utilizados por la metodología de Mora Varhson

La metodología se aplica mediante la combinación de varios factores y parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfo-dinámicos y su distribución espacio-temporal.

La combinación de los factores y parámetros se realiza considerando que los fenómenos de remoción en masa ocurren cuando en una ladera, compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente, se alcanza un grado de susceptibilidad (elementos pasivos) (Mora, R. et al., 1992). Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos) y en ocasiones la actividad antrópica, actúan como factores de disparo que perturban el equilibrio, la mayoría de las veces precario, que se mantiene en la ladera (Mora, R. et al., 1992).

Es así como se considera que el grado de amenaza a procesos de remoción en masa, es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los factores de disparo (Mora, R. et al., 1992):

Fórmula No. 3 Amenaza a procesos de remoción en masa.

$$H = EP * D$$

Dónde:

H: grado de susceptibilidad a procesos de remoción en masa

EP: valor producto de la combinación de los elementos pasivos

D: valor del factor de disparo.

Por su parte el valor de los elementos pasivos se compone de los siguientes parámetros (Mora, R. et al., 1992):

Fórmula No. 4 Elementos pasivos.

$$EP = S_l * S_h * S_p$$

Dónde:

S_l : valor del parámetro de susceptibilidad litológica

S_h : valor del parámetro de humedad del terreno

S_p : valor del parámetro de la pendiente.

El factor de disparo se compone de los siguientes parámetros (Mora, R. et al., 1992):

Fórmula No. 5 Factor de disparo.

$$D = D_s + D_{ll}$$

Dónde:

D_s : valor del parámetro de disparo por sismicidad

D_{ll} : valor del parámetro de disparo por lluvia

Sustituyendo los parámetros apropiados, la ecuación original se puede expresar como (Mora, R. et al., 1992):

Fórmula No. 6 Grado de amenaza.

$$H = (S_l * S_h * S_p) * (D_s + D_{ll})$$

Dónde:

H: amenaza por procesos de remoción en masa

S_l : valor del parámetro de susceptibilidad litológica

S_h : valor del parámetro de humedad del terreno

S_p : valor del parámetro de la pendiente

D_s : valor del parámetro de disparo por sismicidad

D_{ll} : valor del parámetro de disparo por lluvia

De esta ecuación se pueden derivar las relaciones (Mora, R. et al., 1992):

$$H_s = (S_l * S_h * S_p) * (D_s)$$

$$H_{ll} = (S_l * S_h * S_p) * (D_{ll})$$

Dónde:

H_s : amenaza a procesos de remoción en masa por sismicidad

H_{ll} : amenaza a procesos de remoción en masa por lluvias

2.14. Método de Mora Varhson modificado

Para la determinación de la amenaza por movimientos en masa se toma como base la metodología de Mora - Vahrson, modificada de acuerdo a la información disponible en el "Proyecto de Generación de Geoinformación a Nivel Nacional".

$$H = (S_m * S_c * S_l) * (T_s + T_p)$$

Dónde:

H: grado de amenaza de las unidades geomorfológicas

S_m : factor morfométrico

S_c : factor de cobertura vegetal

S_l : factor litológico

T_s : factor de disparo por sismos

T_p : factor de disparo por lluvias

La metodología consiste básicamente en realizar operaciones de los factores condicionantes y detonantes. Posteriormente se procede a relacionar dichos factores con

valores de ponderación, para determinar una categorización de la amenaza para la ocurrencia de cada FRM.

Factor morfométrico (Sm)

Este factor representa una operación de las unidades geomorfológicas, que considera a la pendiente del terreno y la longitud de vertiente. Estos insumos se encuentran en la base de datos de los cantones estudiados dentro del proyecto "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional" desarrollado por el IEE, categorizando a las pendientes y longitudes de vertientes para agruparlas en las siguientes clases:

Pendiente

Es el grado de inclinación del terreno con relación a la horizontal, expresado en porcentaje.

Tabla No. 10 Categorización de pendiente (P).

Rango (%)	Descripción
0 – 12; NA	Corresponde a relieves completamente planos, casi planos y ligeramente ondulados. Además de todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.
> 12 - 25	Corresponde a relieves medianamente ondulados a moderadamente disectados.
> 25 - 40	Corresponden principalmente a relieves mediana a fuertemente disectados.
> 40 - 70	Corresponden principalmente a relieves fuertemente disectados.
> 70 - 100	Corresponden principalmente a relieves muy fuertemente disectados
> 100 - 150	Corresponden principalmente a relieves escarpados.
> 150 - 200	Corresponden principalmente a relieves muy escarpados.
> 200	Corresponde a las zonas reconocidas como mayores a 200% en el mapa de pendientes.

Fuente: IEE.

Longitud de vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la parte más baja de una forma del relieve, medida en metros.

Tabla No. 11 Categorización de longitud de vertientes (Lv).

Longitud (m)	Calificativo
< a 15	Muy corta
> 15 a 50	Corta
> 50 a 250	Media
> 250 a 500	Larga
> a 500	Muy larga

Fuente: IEE.

Hay que tomar en cuenta que la valoración de ponderación para el rango de cada factor geomorfológico, varía según sea el caso de ocurrencia de FRM. Una vez definidos los valores de ponderación, para estos dos parámetros se tiene una categorización del factor morfométrico de acuerdo a la siguiente fórmula:

Fórmula No. 7 Factor morfométrico método de Mora Varhson modificado

$$Sm = 4 * P + Lv$$

Dónde:

S_m : factor morfométrico

P: pendiente del terreno en porcentaje

L_v : longitud de vertiente

Proporcionando mayor peso a la pendiente ya que este parámetro tiene una influencia directa en la probabilidad de ocurrencia de FRM en relación a la longitud de vertiente.

Factor litológico (SI)

Se refiere a la composición mineralógica del sustrato rocoso y a la composición superficial del terreno, pero principalmente al estado en el que se encuentra dicha litología, se considera la información bibliográfica y las visitas de campo.

Tabla No. 12 Descripción geológica.

Denominación geológica	Símbolo	Descripción del macizo rocoso o depósito superficial
Formación San Tadeo	Q _s	Piroclásticos, conglomerado volcánico, material laharítico y corriente de lodo, formando sabanas o terrazas, los piroclastos se han convertido a caolín
Formación Balzar	PLQB	Capas de conglomerados, areniscas, arcillas laminadas con moluscos, mantos de arena y toba
Formación Cangahua	Q _c	Toba volcánica andesítica, poco consolidada de color café claro.
Formación Borbón	Pl _{ioBb}	Areniscas de grano grueso en bancos compactos con megafósiles
Volcánicos Sicalpa	Pl _s	Tobas de grano fino con presencia de clastos y aglomerados.
Grupo Saraguro	Eoc-Mio _s	Volcánicas sub-aéreas, calco-alcálicas, intermedias a ácidas. Predominan composiciones andesíticas a dacíticas pero son comunes rocas riolíticas
Formación Apagua	Pal-EoC _{Ap}	Lutitas y limolitas en capas finas a medias con areniscas de grano grueso feldespáticas, contienen algo de moscovita y biotita y virtualmente no tienen minerales máficos
Unidad Macuchi	PalEocM	Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, limolitas volcánicas, micro-gabros / diabasas, basaltos.
Formación Yunguilla	KP _{CY}	Limolitas masivas y lutitas fósiles.
Rocas Graníticas	Gd	Granitos, granodioritas
Depósitos aluviales	Q _a	Arcillas, limos y arenas de grano fino a medio.
Depósitos coluviales	Q _c	Gravas o bloques.
Depósitos coluvio aluviales	Q _{ca}	Limos, arenas de grano fino a grueso.

Fuente: DGGM. 1975. Hojas geológicas. Escala 1:100 000. Duque, P. (2000). Léxico Estratigráfico del Ecuador.

Para la ponderación del factor litológico se toma en cuenta la categorización realizada por Mora – Vahrson (1993) y se la relaciona con las formaciones geológicas. Ejemplo de categorización de formaciones geológicas:

Ejemplo de categorización de formaciones geológicas:

Tabla No. 13 Categorización del factor litológico.

Litología (Mora-Vahrson, 1993)	Formaciones geológicas	Susceptibilidad litológica
Calizas permeables, intrusiones, basaltos, andesitas, granitos, ignimbritas, gneises, hornfels pobremente figurados; bajo grado de meteorización, tabla de agua baja, fracturas lisas, alta resistencia al corte.	San Eduardo, Pinón, Macuchi, Rocas Graníticas indiferenciadas.	Baja o nula
Alto grado de meteorización de las litologías antes mencionadas y de rocas sedimentarias clásticas masivas; bajo resistencia al corte; fracturas tendientes a romperse.	Cayo, etc.	Baja
Rocas sedimentarias, metamórficas, intrusivas, volcánicas considerablemente húmedas, suelos regolíticos compactados, considerable fracturación, tablas de aguas fluctuante, coluviales y aluviales compactados.	Borbón, Onzole, Angostura, Tosagua, Sicalpa. etc.	Media
Cualquier tipo de rocas hidrotermalmente alteradas, considerablemente húmedas, fuertemente fracturadas y fisurada, arcillas, suelos fluvio-lacustre y piroclásticos pobremente compactados, tablas de agua poco profundas.	Yunguilla, Apagua, etc.	Alta
Rocas extremadamente alteradas, suelos residuales, coluviales y aluviales con baja resistencia al corte, tablas de agua poco profundas.	Depósitos coluviales, coluvio aluviales, etc.	Alta

Fuente: Adaptado de CLIRSEN. Tablas de atributos del mapa geomorfológico.

Factor cobertura del suelo (Sc)

La influencia de la vegetación sobre la estabilidad del terreno ha sido muy debatida en los últimos años; incluso ha dejado muchas dudas e inquietudes en relación a la cuantificación de los efectos de estabilización; sin embargo se ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar la erosión, reptación y fallas sub-superficiales (Suárez, 1998).

Se define cuatro grupos de cobertura vegetal:

Tabla No. 14 Calificación del factor cobertura vegetal (Sc).

Categoría	Calificativo	Descripción
Bosques Cultivos permanentes Manglares	Alta cobertura	Bosque: Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos. Cultivos: Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante éste periodo varias cosechas.
Vegetación arbustiva Vegetación herbácea Cultivos semipermanentes Cultivos anuales. Agropecuario mixto	Baja cobertura	Vegetación Arbustiva: Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque. Vegetación Herbácea: Vegetación dominante constituida por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección. Vegetación desarrollada en abruptos o sobre cangagua. Cultivo Semipermanente: Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años. Cultivo Anual: Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año. Agropecuario mixto: Comprende las tierras usadas para diferente clase de cultivos donde su uso está caracterizado por variedad de productos
Sin cobertura Zonas erosionadas Procesos de erosión	Sin cobertura	Áreas con poca o ninguna cobertura vegetal. Incluye playas, desiertos, gravas, salina industrial, salina natural,

Categoría	Calificativo	Descripción
		afloramientos rocosos y áreas erosionadas por procesos naturales o de origen antrópico
Infraestructura	Mediana cobertura (antrópica)	Establecimiento de un grupo de personas en un área determinada, incluyendo la infraestructura civil que lo complementa.

Fuente: Adaptado de CLIRSEN. Tabla de atributos de mapa de uso y cobertura.

El Grado de susceptibilidad (S) se determina mediante la siguiente fórmula:

Fórmula No.8 Grado de susceptibilidad de Mora Varhson modificado.

$$S = (S_m) * (S_c) * (S_l)$$

Dónde:

S: grado de susceptibilidad

S_m: factor morfométrico

S_c: factor de cobertura vegetal

S_l: factor litológico

Factor de disparo por sismos (Ts)

Basado el criterio de Mora – Vahrson (1993), para la categorización del factor de disparo hace una relación entre la escala de Mercalli modificada y la escala de Richter.

Tabla No. 15 Calificación del factor sismicidad (Ts) método de Mora Varhson modificado.

Intensidad Mercalli Modificada	Calificativo	Magnitud Richter (estimada)
III	Leve	3,5
IV	Muy Bajo	
V	Bajo	
VI	Moderado	4,5
VII	Medio	
VIII	Elevado	6,0
IX	Fuerte	
X	Bastante Fuerte	7,0
XI	Muy Fuerte	8,0

Intensidad Mercalli Modificada	Calificativo	Magnitud Richter (estimada)
XII	Extremadamente Fuerte	

Fuente: Tomado de Mora-Vahrson, 1993. Magnitud estimada de acuerdo a intensidad. IG-EPN.

La ponderación del factor de disparo por sismos se realiza según los rangos de magnitud de la escala de Richter, considerando los efectos que tiene la magnitud de los sismos en la superficie, estableciendo:

Tabla No. 16 Categorización del factor de disparo por sismos método de Mora Varhson modificado.

Magnitud	Ponderación
3,9 - 4,5	0
> 4,5 - 5,5	1
> 5,5 - 6,0	2
> 6,0	3

Fuente: IEE.

Factor de disparo precipitaciones (Tp)

Para establecer valores de ponderación, se toma en cuenta la precipitación media mensual de las estaciones cercanas de la zona de estudio.

Tabla No. 17 Categorización del factor de disparo precipitaciones.

Precipitaciones media mensual anual (mm), N \geq 10 años	Calificativo	Valor del parámetro Tp
< 20	Muy bajo	0
> 20 - 50	Bajo	1
> 50 - 70	Mediano	2
> 70	Alto	3

Fuente: Adaptado de CLIRSEN.2011.

Grado de amenaza de las unidades geomorfológicas

Para la determinación del grado de amenaza de las unidades geomorfológicas se realiza la siguiente fórmula:

Fórmula No. 9 Grado de amenaza método de Mora Varhson modificado.

$$H = (S_m * S_c * S_l) * (T_s + T_p)$$

Dónde:

H: grado de amenaza de las unidades geomorfológicas

S_m: factor morfométrico

S_c: factor de cobertura vegetal

S_l: factor litológico

T_s: factor de disparo por sismos

T_p: factor de disparo por lluvias

Con los valores obtenidos se categoriza la amenaza en cuatro clases de grado, muy alto, alto, medio y bajo. Los cuadros de ponderación de amenaza se observan en la aplicación del modelo de amenaza para cada evento.

2.15. Zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa

La susceptibilidad es la potencialidad de un terreno o área a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa.

Consiste en una evaluación de los factores condicionantes como: geología (unidades litológicas), pendiente del terreno, geomorfología, y uso actual del suelo, elaborados a partir de interpretación de fotografía aérea, trabajo de campo y compilación de eventos históricos. Todos a la escala de trabajo escogida.

2.16. Evaluación de amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa

La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente nocivo, dentro de un período específico de tiempo y en un área dada, se conoce como amenaza por remoción en masa.

La evaluación de la amenaza, es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables.

El grado de amenaza puede ser:

Amenaza muy alta. Zona donde existen actualmente fenómenos de remoción en masa. Amenaza alta. Zona donde existe una probabilidad mayor del 44 % de que se presente un fenómeno de remoción en masa.

Amenaza media. Zona donde existe una probabilidad entre el 12 y 44 % de que se presente un fenómeno de remoción en masa.

Amenaza baja. Zona donde existe probabilidad menor del 12%

2.17. Medidas de prevención y mitigación

Los movimientos en masa no son susceptibles de un total manejo; sin embargo, el riesgo que pueden generar si puede ser evitable. Los análisis de riesgo conducen a identificar la mitigabilidad de los mismos, es decir si sus causas y consecuencias pueden ser reducidas o no. Para reducir el riesgo existen dos tipos de medidas generales que se presentan a continuación.

Medidas estructurales

Las medidas estructurales se refieren a la intervención física mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería.

La reducción de la amenaza se hace a través de medidas estructurales, que tienden a controlar o encausar el curso físico de un evento, o reducir la magnitud y frecuencia del mismo.

Reducción de la vulnerabilidad estructural consiste en la reducción al mínimo posible de daños materiales mediante la modificación de la resistencia y variando los niveles de exposición de los elementos expuestos, teniendo como objetivo mitigar el riesgo.

Sistemas de alerta temprana.

Medidas no estructurales

Corresponde a todas aquellas acciones más de tipo educativas o de aplicación legislativa de gestión, organización, educación, etc., que se adelantan para disminuir los efectos de un evento, por lo general se ven como una complementación de las medidas estructurales para la mitigación del riesgo y son las que promueven al interior de la comunidad para lograr organización, el fortalecimiento institucional y la información pública. Reducción de la vulnerabilidad no estructural son medidas en las cuales se promueve la interacción directa con la comunidad, y dependen directamente de las personas que habitan cerca de un proceso.

- ✓ Mapas de zonificación de amenaza y riesgo: conocer qué tipo de eventos pueden presentarse en una zona determinada, así no se pueda establecer cuando.
- ✓ Leyes y reglamentación: insumo que permite restringir el uso del suelo con fines urbanísticos en las zonas de alta y media amenaza, sectores en los cuales es necesario adelantar estudios detallados si se pretende dar uso urbano.
- ✓ Planes de ordenamiento territorial: inclusión del componente de riesgo en el modelo de ordenamiento territorial, con la incorporación de los siguientes temas:
 - Mapa de amenaza por remoción en masa.
 - Suelos de protección por riesgo.
 - Suelos de tratamiento especial por riesgo.
- ✓ Información pública: continuo seguimiento a las zonas con probabilidad de riesgo.

Para la prevención se requiere de un sistema de vigilancia y advertencias, por medio de señales, para evitar la construcción en zonas susceptibles a procesos de movimientos en masa.

Los planes y reglamentos para el ordenamiento urbano son convenientes, con restricciones para la construcción sobre márgenes de ríos y zonas inestables.

Mediante la preparación para el caso de un desastre: sismos, deslizamientos, inundaciones e incendios, entre otros, se pretende evitar o reducir las pérdidas humanas y los daños materiales en instalaciones y bienes. Se debe preparar a las instituciones involucradas y a la población amenazada para la situación que posiblemente pueda producirse, tomando las medidas preventivas correspondientes que, aparte de la disposición de prepararse, de la movilización del potencial de autoayuda de la población y de la puesta en práctica de un sistema de monitoreo, incluyen también lo siguiente:

- ✓ Elaboración participativa de planes de emergencia y de evacuación.
- ✓ Planes de coordinación y de intervención para rescate y socorro
- ✓ Entrenamiento y capacitación.
- ✓ Medidas infraestructurales y logísticas como albergues de emergencia.
- ✓ Establecimiento y/o fortalecimiento de estructuras de protección de desastres y de servicios de rescate.
- ✓ Simulacros.

Capítulo III

MARCO METODOLÓGICO

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

La naturaleza del presente trabajo de tesis de grado es una investigación 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.

De acuerdo al tiempo de ejecución del trabajo es de tipo transversal por su duración de 6 meses a partir de agosto del 2013.

3.2. Universo y muestra

El universo constituyó el área del cantón Pallatanga y la muestra de estudio son los factores condicionantes y detonantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

3.3. Técnica

Como información base para el desarrollo de esta investigación se utilizó:

- ✓ Revisión, análisis y evaluación de la información disponible sobre los levantamientos geomorfológicos, geológicos y amenazas geológicas realizados en el país.
- ✓ Fotografía aérea digital, Modelo digital del terreno (MDT), y recopilación de información secundaria referencial, principalmente para el proceso de fotointerpretación digital.
- ✓ Para el cantón Pallatanga se interpretaron los pares estereoscópicos correspondientes a un total de 232 fotografías aéreas de 28 líneas de vuelo, a escala 1: 30.000, proporcionadas por el SIGTIERRAS, del año 2011, cuya distribución se puede apreciar en la Tabla No. 18 (Anexo No. 4).

Tabla No. 18 Líneas de vuelo del cantón Pallatanga.

Escala	Línea	Bloque	Cámara	Año	Fotografías		Total	
					Desde	Hasta		
1:30000	180	Z2_S03	PXL1MR03	2011	550	567	18	
	185			2011	593	596	4	
	188			2011	506	511	6	
	192			2011	134	144	11	
	172	Sierra	PXL1FE27	2011	84	87	4	
	18		BC1NV04	2011	644	649	6	
	185		BC1OC20	2011	883	886	4	
	189		BC1OC19	2011	239	243	5	
	185		PXL1MR03	2011	572	583	12	
	190		PXL1NV18	2011	81	81	1	
	167		BC1OC22	2011	76	83	8	
	168		BC1OC27	2011	115	122	8	
	169		PXL1FE27	2011	164	168	5	
	189		S03	BC1OC19	2011	250	253	4
	181	2011			259	278	20	
	189	2011			239	249	11	
	181	2011			261	271	11	
	185	BC1OC20		2011	883	887	5	
	176			2011	905	913	9	
	173	BC1OC22		2011	812	819	8	
	323			2011	740	744	5	
	177			2011	760	775	16	
	173			2011	800	811	12	
	170			2011	149	152	4	
	197		IDS1NV09	2011	918	921	4	
	193	2011		950	956	7		
	196		PXL2MR02	2011	47	63	17	
	192	2011		145	151	7		
	TOTAL							232

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

- ✓ Mapa de paisajes naturales del Ecuador, escala 1: 1 000.000 de (Winckell, Zebrowski, & Sourdat, 1997),
- ✓ Ajuste de bloques fotogramétricos realizado en el software LPS core, utilizando como insumos principales la fotografía digital (escala 1: 30.000).
- ✓ Cartografía topográfica a escala 1:50.000 proporcionada por el IGM

Tabla No. 19 Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Pallatanga.

Código	Cartas Topográficas
NV-B ₂	Matilde Esther
ÑVI-A ₁	Tixán
ÑIV-E ₃	Pallatanga
NIV-F ₄	Chillanes

Fuente: IGM.

Cartografía geológica a escala 1:100.000, mapas regionales de la Cordillera Occidental, a escala 1:200.000, elaborados por CODIGEM-BGS.

Tabla No. 20 Índice de hojas geológicas utilizadas para el cantón Pallatanga.

Código	Hojas Geológicas
Hoja 70	Alausí
Hoja 71	Riobamba
	Mapa de Cordillera Occidental del Ecuador entre 1 y 2 S
	Mapa de Cordillera Occidental del Ecuador entre 2 y 3 S

Fuente: INIGEMM.

- ✓ Mapa de uso y cobertura del suelo, escala 1:50 000 elaborado por el MAGAP (2011).
- ✓ Inventario de sismos de las provincias de Chimborazo y Bolívar IG-EPN.
- ✓ Para analizar la climatología del cantón Pallatanga se utilizó:

- Datos de precipitación media mensual del período (1970 – 2000) de 13 estaciones meteorológicas,
- Datos de temperatura media mensual del período (1970-2000) de 5 estaciones.

Tabla No. 21 Estaciones meteorológicas empleadas para el cantón Pallatanga.

Estaciones	Nombre	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Cota
M039	BUCAY	CP	9755827	707354	220
M130	CHILLANES	CO	9781017	715025	2280
M131	SAN PABLO DE ATENAS	CO	9798537	714805	2348
M134	GUAMOTE	CO	9786363	754982	3000
M135	PACHAMAMA-TIXAN	CO	9761870	744670	2960
M136	CHUNCHI	CO	9746992	731218	2245
M391	PALLATANGA	PG	9778864	726000	1519
M395	CEBADAS	PV	9788471	762266	2955
M402	CHIMBO DJ PANGOR	PV	9785072	721733	1480
M403	ALASI	PV	9756691	739346	2335
M404	CANNI-LLIMBE	PV	9803828	723320	2778
M405	GUASUNTOS	PV	9752968	743204	2544
M409	PANGOR-J.DE VELASCO(H.TEPEYAC)	PV	9797795	735591	3240

Fuente: INAMHI.

Inventario de fenómenos de remoción en masa, evaluados de acuerdo a la metodología utilizada en el IEE (Anexo No. 26).

3.4. Trabajo de campo y laboratorio

El presente estudio se desarrolló en base a la recopilación de información generada por diversas entidades como el INAMHI, INIGEMM, IEE, MAGAP, IG-EPN, además, la comprobación de campo del cantón Pallatanga se realizó del 1 al 10 agosto del 2013, donde se visitaron un total de 21 puntos, obteniendo 23 fichas de descripción geomorfológica (Anexo No. 25) y 25 fichas de movimientos en masa (Anexo No. 26).

3.5. Procesamiento de datos

Las características climáticas del cantón Pallatanga provienen de la hoja de cálculo en Microsoft Excel 2010, elaborada por el Ing. Napoleón Burbano (INAMHI – 2008).

Para la interpretación de fotografías aéreas se realizó: orto rectificación, ajuste de bloques, modelo digital del terreno y mosaico, mediante el programa LPS de ERDAS 2011.

Para la elaboración de mapas: geológico, geomorfológico, uso y cobertura del suelo, sismicidad, precipitación, susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa se utilizó el software ArcMap 10, ESRI® 2012.

En la interpretación de fotografías se empleó el programa adobe ilustrador.

3.6. Procedimiento geomorfología del cantón Pallatanga

Para elaborar el mapa geomorfológico del cantón Pallatanga, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Recopilación de información, revisión y análisis de la información disponible: (mapas geológicos, mapa de paisajes del Ecuador; preparación de insumos básicos: fotografía digital, cartografía base, MDT).

2. Ajuste de bloques fotogramétricos.

Adquisición de fotografías aéreas escaneadas o digitales, en formato *.TIFF, con una resolución que garantice un adecuado detalle para la fotointerpretación.

Creación de un proyecto de ajuste de bloque fotogramétrico (*. blk).

3. Análisis de los siguientes aspectos geomorfológicos: unidad ambiental o unidad fisiográfica, unidad geomorfológica o paisaje, génesis, morfología y morfo-metría.

4. Interpretación digital, según el procedimiento del Anexo No. 27.

3.7. Inventario de fenómenos de remoción en masa

Para inventariar los procesos de remoción en masa del cantón Pallatanga, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. En base a las cartas topográficas y fotografía digital (1:30.000) de la zona de estudio, se identificaron algunos FRM y zonas susceptibles a la ocurrencia de éstos.

2. Se realizó la comprobación de campo recopilando de una manera más exacta su tipología, magnitud, grado de amenaza, etc.

La colaboración de los habitantes del cantón, fue un aspecto importante ya que se obtuvo información sobre la ubicación y magnitud de los FRM ocurridos en la zona.

3. Para inventariar los procesos de movimientos en masa, se empleó fichas de campo (Anexo No. 26), que permitieron ubicar, identificar y caracterizar cada uno de los FRM. En la ubicación se utilizó un GPS para la determinación espacial de coordenadas WGS. La identificación se realizó mediante observación directa y la ayuda de un registro fotográfico que permitió asignar un calificativo al tipo de movimiento producido.

Se determinó el ángulo de pendiente y medidas de longitud (L) y ancho (W).

4. Una vez obtenida toda la información en el campo, se procedió a ingresar los datos al software ArcGIS 10, para la digitalización de los FRM sobre la base topográfica escala 1:50.000.

3.8. Mapa de Pendientes

Para el presente trabajo, se generó el mapa de pendientes a partir del MDT, proporcionado por SIGTIERRRAS, escala 1:10.000.

1. Con la ayuda de la extensión "3D analyst" del software ArcGis 9.3 se escogió las opciones: "spatial analyst", "surface analyst" y "slope".

2. Como archivo de entrada se tiene el MDT del cantón Pallatanga, la unidad de medida del archivo de salida a generarse es en grados o porcentaje. Se deriva el mapa de pendientes.

3. Para que los rangos de pendiente tengan la representatividad deseada se clasificó la pendiente según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 22 Rango de Pendientes.

Tipo	Descripción (%)	Cod
Plana	0 a 2	(1)
Muy suave	2 a 5	(2)
Suave	5 a 12	(3)
Media	12 a 25	(4)
Media a fuerte	25 a 40	(5)
Fuerte	40 a 70	(6)
Muy fuerte	70 a 100	(7)
Escarpada	100 a 150	(8)
Muy escarpada	150 a 200	(9)
Abrupta	> a 200	(10)

Fuente:(Andrade & Cabrera, 2013).

4. Elegir la opción "spacial analyst", "reclass", "reclassify", clasificándose la pendiente en diez clases o tres como es para el caso del análisis de susceptibilidad a FRM por el método de Brabb.

3.9. Mapa litológico y lineamientos del cantón Pallatanga

1. Compilación, análisis y evaluación de Información secundaria disponible sobre el área de estudio.

2. Elaboración del mapa litológico mediante la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:30.000. Para la interpretación litológica se reconoció el tipo de rocas a partir de los datos fotogeológicos, y reconocimiento de campo.

- Teniendo en cuenta las siguientes pautas:
- El tono de la roca en relación al de las rocas contiguas.
- La resistencia de la roca a la erosión en relación a las rocas contiguas.
- Lineamientos
- Patrón de drenaje
- Cobertura vegetal
- El entorno geológico de la zona

3. Para la Interpretación de lineamientos se consideró cualquier línea de las fotografías aéreas estructuralmente controladas, tales como cauces de arroyos, árboles o matorrales.

3.10. Susceptibilidad a fenómenos remoción en masa mediante el método de Brabb

Determinación de la susceptibilidad parcial (SP)

1. Se determinó el área de cada una de las unidades litológicas encontradas en el cantón Pallatanga.

2. Se sobrepuso el mapa de inventario de FRM y de unidades litológicas, donde se identificó las unidades en las cuales ocurren fenómenos de remoción en masa; y, se calculó las áreas deslizadas en cada una de las unidades litológicas.

Tabla No. 23 Área deslizada en cada unidad litológica (susceptibilidad parcial método de Brabb).

Tipo de litología	Área litología (m ²)	Área deslizada (m ²)	Área deslizada (%)	SP(Brabb) (%área)
Basaltos, tobas, areniscas volcánicas, lavas en almohadillas. (unidad Pallatanga)	27806614	476760	1,71	1
Limolitas masivas gris oscuras, lutitas fisiles, intensamente deformadas. (formación Yunguilla)	55592055	2509897	4,51	2
Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas y tobas volcánicas. (unidad Macuchi)	34979242	884187	2,53	1
Secuencia silisiclástica de relleno. (grupo Angamarca)	11281397	262655	2,33	1
Lutitas, limolitas y areniscas de grano grueso feldespáticas. (formación Apagua)	30947367	2163149	6,99	2

Tipo de litología	Área litología (m ²)	Área deslizada (m ²)	Área deslizada (%)	SP(Brabb) (%área)
Rocas volcánicas intermedias a acidas. (grupo Saraguro)	6718703	50099	0,75	1
Sedimentos volcanoclásticos gruesos, lavas andesíticas y dacíticas. (formación Cisarán)	168769247	46142	0,03	1
Granodiorita. (intrusivo granodiorítico)	8618443	54568	0,63	1
Clastos redondeados de origen volcánico.(depósitos aluviales)	8328118	0	0,00	1
Clastos redondeados a sub angulosos de rocas sedimentarias y volcánicas, en una matriz areno arcillosa. (depósitos coluvio aluviales)	5659940	195678	3,46	1
Clastos angulosos a sub angulosos, de origen volcánico y sedimentario dentro de una matriz arenosa. (depósitos coluviales)	23031622	2737263	11,88	3

Área total litología (m ²)	381732747
Área total deslizada (m ²)	9380398

3. Se realizó una lista en orden creciente considerando el porcentaje determinado por la relación entre las áreas deslizadas, en cada unidad litológica y las áreas determinadas para cada unidad litológica. De esta manera se determinó la susceptibilidad relativa o parcial (SP), según el porcentaje de masa deslizada en cada litología. Los valores ponderados corresponden a tres clases; el mayor porcentaje de área deslizada corresponde a un valor ponderado de (3), asociado a depósitos coluviales; un valor

ponderado de (2) asignado a las formaciones Yunguilla y Apagua y el valor ponderado de (1) a las unidades Pallatanga, Macuchi, grupo Angamarca, grupo Saraguro, formación Cisarán, rocas intrusivas, aluviales y coluvio-aluviales.

4. A la clase más alta de susceptibilidad (3) se le asignó los depósitos de FRM, porque contienen mucha más área deslizada (100%) que las litologías de las cuales ellos provienen.

5. Se genera imágenes raster de la litología y del inventario de FRM con los campos ponderados.

6. El mapa de susceptibilidad parcial se realizó a partir de la sumatoria del raster de litología con el raster de inventario, mediante la opción raster calculator en la extensión spatial analyst.

7. Una vez determinada la susceptibilidad parcial, se clasificó al mapa de pendientes (grados) de la siguiente forma:

Tabla No. 24 Rango de pendientes establecida en el método de Brabb.

Rango	Calificativo
<15 °	Baja
15 ° a 45 °	Media
>45 °	Alta

Se sobrepone al mapa litológico y el mapa inventario de FRM combinados, se examinan sistemáticamente para determinar los intervalos de pendiente que muestran la máxima frecuencia de FRM para cada unidad litológica. Los intervalos de pendiente que presentan los valores máximos, son etiquetados con las clases de susceptibilidad más alta.

Tabla No. 25 Área deslizada en cada unidad litológica (susceptibilidad parcial método de Brabb).

Rango de pendientes	Área de pendiente (m ²)	Área deslizada (m ²)	Área deslizada (%)	SP(Brabb)
<15 °	40631583	1569173	3,86	3
15 ° -45 °	330125378	7664931	2,32	2
.45 °	10973323	146294	1,33	1

El valor ponderado de (3) se asigna a un rango de pendientes <150, debido a que la mayor ocurrencia de FRM se presente en terrenos con dicha pendiente.

8. La determinación de la susceptibilidad total, se calcula del mapa de susceptibilidad total a partir de la sumatoria del raster de mapa de susceptibilidad parcial con el raster de pendientes, este cálculo se lo realiza con la opción raster calculator en la extensión spatial analyst, map algebra, suma (Anexo No. 17).

3.11. Evaluación de la susceptibilidad a fenómenos remoción en masa mediante el Método de Mora-Varhson modificado

Determinación del grado de susceptibilidad, amenaza y/o peligro para deslizamientos.

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:

- a) Ponderación del factor morfométrico para deslizamientos.

El factor morfométrico tiene un peso importante como condición de susceptibilidad para la ocurrencia de deslizamientos, dentro de este modelo se dio mayor importancia al grado de pendiente que a la longitud de la vertiente, según lo cual para el cantón Pallatanga se obtuvo los siguientes valores ponderados:

Tabla No. 26 Ponderación para el factor pendiente (P), deslizamientos.

Rangos (%)	Ponderación Deslizamiento
0 - 12	0
13 - 25	0
26 - 40	3

Rangos (%)	Ponderación Deslizamiento
41 - 70	2
71 - 100	2
101 - 150	1

Fuente: IEE.

En la base de datos generada se procedió a ponderar la longitud de la vertiente, teniendo los siguientes valores ponderados.

Tabla No. 27 Ponderación para el factor longitud de vertiente (Lv), deslizamientos.

Longitud de vertiente (m)	Ponderación Deslizamiento
< a 15	1
16 a 50	2
51 a 250	3
251 a 500	4
> a 500	5

Fuente: IEE.

Considerando la siguiente fórmula No. 7, se tiene la combinación de los condicionantes de pendientes y longitud de vertiente, lo que permitió obtener el campo del factor morfométrico para deslizamientos. (Tabla No. 28).

Tabla No. 28 Ponderación del factor morfométrico (Sm), deslizamientos.

Rango	Valores obtenidos	Ponderación del factor Sm deslizamientos
0 - 4	0, 1,2,3,4	0
5 - 7	5,6,7	1
8 - 10	8,9,10	2
11 - 13	11,12,13	3

Rango	Valores obtenidos	Ponderación del factor Sm deslizamientos
14-17	14,15,16,17	4

Fuente: IEE.

b) Ponderación del factor litológico para deslizamientos.

Se considera la litología como un factor de susceptibilidad importante, para la ocurrencia de deslizamiento; de acuerdo a observaciones de campo se estableció los siguientes valores ponderados:

Tabla No. 29 Ponderación del factor litológico (Sl), deslizamientos.

Geología	Ponderación SI Deslizamientos
Unidad Pallatanga	1
Formación Yunguilla	3
Unidad Macuchi	1
Grupo Angamarca	3
Formación Apagua	3
Grupo Saraguro	1
Formación Cisarán	1
Granodiorita	2
Depósitos Aluviales	1
Depósitos Coluvio aluviales	3
Depósitos Coluviales	3

Fuente: IEE, modificado por Nataly Pavón, Oscar Garzón.

c) Ponderación del factor cobertura vegetal para deslizamientos.

La cobertura vegetal tiene influencia en la estabilidad del terreno, teniendo así que a mayor cobertura vegetal, menor susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos. Los valores ponderados se muestran a continuación:

Tabla No. 30 Ponderación del factor cobertura vegetal (Sc).

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación Sc deslizamientos
Bosque natural	Alta cobertura	1
Cultivo anual (cereales, hortalizas, maíz, papa, pasto cultivado, pasto natural, humedal). Cultivos semipermanentes Vegetación arbustiva Vegetación herbácea	Baja cobertura	2
Bosque plantado Infraestructura (área urbana, cuerpos de agua artificial). No aplicable (ríos dobles)	Mediana cobertura (antrópica)	1
Cultivos de ciclo corto en proceso de erosión.	Sin cobertura	3

Fuente: IEE.

d) Grado de susceptibilidad para deslizamientos (Sd).

Utilizando los campos ponderados de cada factor condicionante, mediante Fórmula No. 8, se obtuvo la susceptibilidad.

De acuerdo a los valores obtenidos se determinó el grado la susceptibilidad.

Tabla No. 31 Ponderación del grado de susceptibilidad (Sd), deslizamientos.

Rangos	Valor obtenido	Ponderación SD	Grado SD
0 - 2	0, 1, 2	0	Bajo
3 - 8	3, 4, 6, 8	1	Medio
9 - 12	9, 12	2	Alto
13 - 36	18, 24	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

e) Factores detonantes (Fc).

Para obtener el grado de amenaza, se consideró dos factores desencadenantes, la precipitación y la sismicidad.

El primer factor desencadenante es la precipitación, analizada mediante un promedio mensual para el mes de máxima precipitación (marzo). Se procedió a realizar una interpolación con la herramienta (IWD de Arc Gis) de los datos de 13 estaciones meteorológicas, elaborando un mapa de isoyetas (Anexo No. 7).

Como segundo factor desencadenante se consideró la sismicidad que fue analizado mediante un mapa de isosistas generado en base a un registro de sismos desde el año 1988 hasta el 2013. En el que magnitudes inferiores a 4,4 tienen ligera influencia para la ocurrencia de este tipo de eventos.

Las ponderaciones de los factores detonantes, se presentan a continuación:

Tabla No. 32 Ponderación del factor sismos (Ts).

Rangos (Magnitud)	Magnitudes de sismos cantón Pallatanga	Ponderación (Ts)
3,9 - 4,3	4,0 - 4,3	1
4,4 - 5,1	4,4	2

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

Tabla No. 33 Ponderación del factor precipitación (Tp).

Rangos (mm)	Valores de precipitaciones cantón Pallatanga (mm)	Ponderación (Tp)
< 140		0
140-160	140, 150, 160	1
170-190	170, 180, 190	2
>200	200	3

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

La fórmula de los factores detonantes para la ocurrencia de deslizamientos es la siguiente:

Fórmula No. 10 Factores detonantes.

$$FC = (Ts + Tp)$$

Dónde:

FC: factores detonantes

T_s: factor de disparo por sismos

T_p : factor de disparo por precipitaciones

f) Valor de la amenaza para el fenómeno de deslizamientos.

Una vez establecidos las ponderaciones de cada factor y sus respectivos coeficientes se procede a determinar el valor y grado de amenaza por deslizamientos.

Como fórmula final para la determinación del grado de amenaza se tiene la siguiente:

Fórmula No. 11 Grado de amenaza por deslizamientos.

$$HD = SD * FC$$

Dónde:

HD: grado de amenaza por deslizamientos

SD: grado de Susceptibilidad por deslizamientos

FC: factores detonantes

Para generar el mapa amenaza y/o peligro, se consideró cuatro rangos, ponderando de la siguiente manera:

Tabla No. 34 Ponderación y grado de amenaza para la ocurrencia de deslizamientos.

Valores obtenidos	Ponderación del parámetro HD	Grado
0,3,4,5,6,8,9	0	Bajo
12,16,18,20	1	Medio
24,27,32,36	2	Alto
48,54,72,96	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

Determinación del grado de susceptibilidad, amenaza y/o peligro para caídas:

a) Ponderación del factor morfo-métrico para caídas.

El factor morfométrico tiene un peso importante como condición de susceptibilidad para la ocurrencia de deslizamientos. Dentro de este modelo se dio mayor importancia al grado de pendiente que a la longitud de la vertiente, para el cantón Pallatanga se obtuvo los siguientes valores ponderados:

Tabla No. 35 Ponderación del factor pendiente (P), caídas.

Rangos (%)	Ponderación caídas
0 - 12	0
13 - 25	0
26 - 40	0
41 - 70	1
71 - 100	1
101 - 150	2

Fuente: IEE.

Se estableció como valor ponderado de 1 para todos los rangos de longitud de vertiente, debido a que dicha longitud no influye en la ocurrencia de este evento.

Tabla No. 36 Ponderación del factor longitud de vertiente (L_v), caídas.

Longitud de vertiente (m)	Ponderación caídas
< a 15	1
16 a 50	1
51 a 250	1
251 a 500	1
> a 500	1

Fuente: IEE.

Considerando la Fórmula No. 7 se tiene la combinación de los factores, pendientes y longitud de vertiente, lo que permitió obtener el campo del factor morfométrico para caídas.

Tabla No. 37 Ponderación del factor morfo-métrico (S_m), caídas.

Rango	Valores obtenidos	Ponderación del factor S_m caídas
0-1	1	0
5-7	5	2
8-10	9	3

Fuente: IEE.

b) Ponderación del factor litológico para de caídas.

De acuerdo a las observaciones de campo se obtuvo los siguientes valores ponderados:

Tabla No. 38 Ponderación del factor litológico (SI), caídas.

Geología	Ponderación SI caídas
Unidad Pallatanga	2
Formación Yunguilla	3
Unidad Macuchi	2
Grupo Angamarca	3
Formación Apagua	2
Grupo Saraguro	2
Formación Cisarán	2
Granodiorita	2
Depósitos aluviales	1
Depósitos coluvio aluviales	2
Depósitos coluviales	2

Fuente: IEE, modificado por Nataly Pavón, Oscar Garzón.

c) Ponderación factor cobertura vegetal para caídas.

El factor de cobertura vegetal se caracteriza de acuerdo a las ponderaciones que se muestran a continuación:

Tabla No. 39 Ponderación del factor cobertura vegetal (Sc), caídas.

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación (Sc) caídas
Bosque natural	Alta cobertura	1
Cultivo anual (cereales, hortalizas, maíz, papa, pasto cultivado, pasto natural, humedal). Cultivos semipermanentes Vegetación arbustiva Vegetación herbácea	Baja cobertura	2
Bosque plantado Infraestructura (área urbana, cuerpos de agua artificial). No aplicable (ríos dobles)	Mediana cobertura (antrópica)	1

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación (Sc) caídas
Cultivos de ciclo corto en proceso de erosión.	Sin cobertura	3

Fuente: IEE.

d) Grado de susceptibilidad para caídas (Sc).

Se calculó el grado de susceptibilidad para caídas utilizando los campos ponderados de cada factor condicionante, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Fórmula No. 12 Grado de susceptibilidad por caídas Método de Mora Varhson.

modificado

$$Sc = (Sm) * (Sl) * (Sc)$$

Dónde:

Sc: grado de susceptibilidad por caídas

Sm: factor morfométrico

Sc: factor de cobertura vegetal

Sl: factor litológico

El grado de susceptibilidad se determinó mediante la siguiente tabla:

Tabla No. 40 Ponderación del factor susceptibilidad (Sc), caídas.

Rango	Valor obtenido	Ponderación SC	Grado SC
0 - 1	0	0	Bajo
2 - 4	4	1	Medio
5 - 9	6,8	2	Alto
10 - 24	12,18	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

e) Factores detonantes (Fc).

Para obtener el grado de amenaza, se consideró los factores desencadenantes, la precipitación y la sismicidad (mencionados anteriormente), analizados mediante la Fórmula No. 10

f) Valor de amenaza para el fenómeno de caídas.

Una vez establecidas todas las ponderaciones de susceptibilidad, sismos y precipitación, se generó el mapa de amenazas por caídas. Como fórmula final para la determinación del grado de amenaza por caídas se aplica la siguiente:

Fórmula No. 13 Grado de amenaza por caídas método de Mora Varhson modificada

$$HC = SC * FC$$

Dónde:

HC: grado de amenaza por caídas

SC: grado de susceptibilidad por caídas

FC: factores detonantes

Los valores obtenidos se analizaron de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No. 41 Ponderación y grado de amenaza para la ocurrencia de caídas.

Valores obtenidos	Ponderación del parámetro HC	Grado
0,8	0	Bajo
12,16,18,24	1	Medio
32,36,48	2	Alto
54,72	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

Determinación del grado de susceptibilidad, amenaza y /o peligros para flujos

a) Ponderación del factor morfométrico para flujos.

Las ponderaciones para el factor pendiente, se establecieron según la siguiente tabla:

Tabla No. 42 Ponderación del factor pendiente (P), flujos.

Rangos (%)	Ponderación flujos
0 - 12	0

Rangos (%)	Ponderación flujos
13 - 25	0
26 - 40	1
41 - 70	2
71 - 100	2
101 - 150	3

Fuente: IEE.

Para la ponderación del factor longitud de vertiente, se tiene:

Tabla No. 43 Ponderación del factor longitud de vertiente (L_v), flujos.

Longitud de vertiente (m)	Ponderación flujos
< a 15	1
16 a 50	2
51 a 250	3
251 a 500	4
> a 500	5

Fuente: IEE.

Considerando la Fórmula No. 7 se obtuvo el factor morfométrico para flujos. Los valores obtenidos se ponderaron de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No. 44 Ponderación del factor morfométrico (S_m), flujos.

Rango	Valores obtenidos	Ponderación del parámetro S_m flujos
0 - 4	0,1,2, 3,4	0
5 - 7	5,6,7	1
8 - 10	8,9,10	2
11 - 13	11,12,13	3
14-17	14,15,16,17	4

Fuente: IEE.

b) Ponderación del factor litológico para flujos.

De acuerdo al inventario de FRM, se determinó la siguiente ponderación:

Tabla No. 45 Ponderación del parámetro litológico (SI), flujos.

Geología	Ponderación SI flujos
Unidad Pallatanga	1
Formación Yunguilla	3
Unidad Macuchi	1
Grupo Angamarca	1
Formación Apagua	2
Grupo Saraguro	1
Formación Cisarán	1
Granodiorita	1
Depósitos aluviales	1
Depósitos coluvio aluviales	2
Depósitos coluviales	2

Fuente: IEE.

c) Ponderación factor cobertura vegetal para flujos.

La cobertura vegetal tiene mayor influencia para disminuir los procesos de flujos. En base a esto se determinó las ponderaciones, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 46 Ponderación del factor cobertura vegetal (Sc), flujos.

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación (Sc) flujos
Bosque natural	Alta cobertura	1
Cultivo anual (cereales, hortalizas, maíz, papa, pasto cultivado, pasto natural, humedal). Cultivos semipermanentes Vegetación arbustiva Vegetación herbácea	Baja cobertura	2
Bosque plantado Infraestructura (área urbana, cuerpos de agua artificial). No aplicable (ríos dobles)	Mediana cobertura (antrópica)	1
Cultivos de ciclo corto en proceso de erosión.	Sin cobertura	3

Fuente: IEE.

d) Grado de susceptibilidad para flujos (Sf)

Se obtuvo el grado de susceptibilidad, utilizando los campos ponderados de cada factor condicionante, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Fórmula No. 14 Grado de susceptibilidad por flujos método de Mora Varhson modificado.

$$Sf = (S_m) * (S_l) * (S_c)$$

Dónde:

Sf: grado de susceptibilidad por flujos

S_m: factor morfométrico

S_c: factor de cobertura vegetal

S_l: factor litológico

El grado de susceptibilidad se determinó mediante la siguiente tabla:

Tabla No. 47 Ponderación del factor susceptibilidad (Sf), flujos.

Rango	Valor obtenido	Ponderación SF	Grado SF
0 – 1	0, 1	0	Bajo
2 – 6	2, 3, 4, 6	1	Medio
7 – 12	9, 12	2	Alto
13 – 36	16,18,24,27,36	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

e) Factores detonantes (Fc).

Para obtener el grado de amenaza, se consideró los factores desencadenantes, la precipitación y la sismicidad, mencionados anteriormente, analizados mediante la Fórmula No. 10.

f) Valor de la amenaza para el fenómeno de flujos (Hf).

Una vez establecidas todas las ponderaciones de susceptibilidad, sismos y precipitación, se generó el mapa de amenazas para flujos. Para la determinación del grado de amenaza para flujos se empleó la siguiente fórmula:

Fórmula No.15. Grado de amenaza por flujos método de Mora Varhson modificado.

$$HF = SF * FC$$

Dónde:

HF: grado de amenaza por flujos

SF: grado de susceptibilidad por flujos

FC: factores detonantes

Para determinar el grado de amenaza, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla No. 48 Ponderación y grado de amenaza para la ocurrencia de flujos.

Valores obtenidos	Ponderación del parámetro HF	Grado
0,3,4,8,9,12	0	Bajo
16,18,24,27	1	Medio
30,36,48,54	2	Alto
72,81,96,108,144	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

Determinación del grado de susceptibilidad amenaza y/o peligro para reptación de suelos.

a) Ponderación factor morfométrico para reptación.

La ponderación del factor morfométrico se presenta en las siguientes tablas:

Tabla No. 49 Ponderación del factor pendiente (P), reptación.

Rangos (%)	Ponderación reptación
0 - 12	0
13 - 25	0

Rangos (%)	Ponderación reptación
26 - 40	1
41 - 70	2
71 - 100	2
101 - 150	3

Fuente: IEE.

Tabla No. 50 Ponderación del factor longitud de vertiente (Lv), reptación.

Longitud de vertiente (m)	Ponderación reptación
< a 15	1
16 a 50	2
51 a 250	3
251 a 500	4
> a 500	5

Fuente: IEE.

Considerando la fórmula No. 7, se tiene la combinación de los factores, pendientes y longitud de vertiente, lo que permitió obtener el campo del factor morfo-métrico para reptación.

Tabla No. 51 Ponderación del factor morfométrico (Sm), reptación.

Rango	Valores obtenidos	Ponderación del factor S_m reptación
0 - 4	0,1,2, 3, 4	0
5 - 7	5,6,7	1
8 - 10	8,9,10	2
11 - 13	11,12,13	3
14 -17	14,15,16,17	4

Fuente: IEE.

b) Ponderación factor litológico para reptación.

Según observaciones de campo se determinó el valor ponderado para cada unidad litológica.

Tabla No. 52 Ponderación del factor litológico (Sl), reptación.

Geología	Ponderación Sl reptación
Unidad Pallatanga	1
Formación Yunguilla	1
Unidad Macuchi	1
Grupo Angamarca	1
Formación Apagua	2
Grupo Saraguro	1
Formación Cisarán	1
Granodiorita	1
Depósitos Aluviales	1
Depósitos Coluvio aluviales	1
Depósitos Coluviales	2

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

c) Ponderación del factor cobertura vegetal para reptación.

La cobertura vegetal tiene mayor influencia para disminuir los procesos de reptación, en base a esto se determinó las ponderaciones como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla No. 53 Ponderación del factor cobertura vegetal (Sc), reptación.

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación Sc reptación
Bosque natural	Alta cobertura	1
Cultivo anual (cereales, hortalizas, maíz, papa, pasto cultivado, pasto natural, humedal). Cultivos semipermanentes Vegetación arbustiva Vegetación herbácea	Baja cobertura	3
Bosque plantado Infraestructura (área urbana, cuerpos de agua artificial).	Mediana cobertura (antrópica)	1

Cobertura vegetal	Calificativo	Ponderación Sreptación
No aplicable (ríos dobles)		
Cultivos de ciclo corto en proceso de erosión.	Sin cobertura	4

Fuente: IEE.

d) Grado de susceptibilidad para reptación (Sr).

El grado de susceptibilidad se calculó utilizando los campos ponderados de cada factor condicionante, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Fórmula No. 16 Grado de susceptibilidad por reptación método de Mora Varhson
modificado

$$SR = (S_m * S_l * S_c)$$

Dónde:

SR: grado de susceptibilidad por reptación de suelo

S_m: factor morfométrico

S_c: factor de cobertura vegetal

S_l: factor litológico

Generado el mapa, deberá ser analizado de acuerdo a la siguiente tabla para determinar su grado de susceptibilidad.

Tabla No. 54 Ponderación del factor susceptibilidad (Sr).

Rango	Valor obtenido	Ponderación SR	Grado SR
0 – 1	0, 1	0	Bajo
2 – 6	2,3,4,6	1	Medio
7 – 12	9, 12	2	Alto
13 – 36	16,18,24	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

e) Factores detonantes (Fc).

Para obtener el grado de amenaza, se consideró los factores desencadenantes, la precipitación y la sismicidad (mencionados anteriormente). Analizados mediante la Fórmula No. 10.

f) Valor de la amenaza para el fenómeno de reptaciones de suelos (HR).

Una vez establecidas todas las ponderaciones de susceptibilidad, sismos y precipitación, se genera el mapa de amenazas para reptación; determinando el grado de amenaza para reptación, con la siguiente fórmula:

Fórmula No. 17 Grado de amenaza por reptación método de Mora Varhson modificado.

$$HR = SR * FC$$

Dónde:

HC: grado de amenaza por reptaciones de suelos

SC: grado de susceptibilidad por reptaciones de suelos

FC: factores detonantes

Para determinar el grado de amenaza, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla No. 55 Ponderación y grado de amenaza para la ocurrencia de reptación.

Valores obtenidos	Ponderación del parámetro HR	Grado
0,3,4,8,9,12	0	Bajo
16,18,24,27	1	Medio
30,36,48,54	2	Alto
72,96	3	Muy Alto

Fuente: IEE.

Usando el programa Arc Gis 10 se llevó a cabo el siguiente procedimiento para obtener el grado de amenaza por deslizamientos, caídas, reptaciones y flujos (Anexo No. 28)

Capítulo IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Hidrometeorológica

Características físicas del cantón Pallatanga.

Balance hídrico de la estación Chillanes ubicada al occidente del cantón Pallatanga, se establece que en los meses de febrero-abril existe un exceso de agua; analizando la tabla de eventos adversos se puede dar cuenta que los deslizamientos ocurren dentro de este período de tiempo.

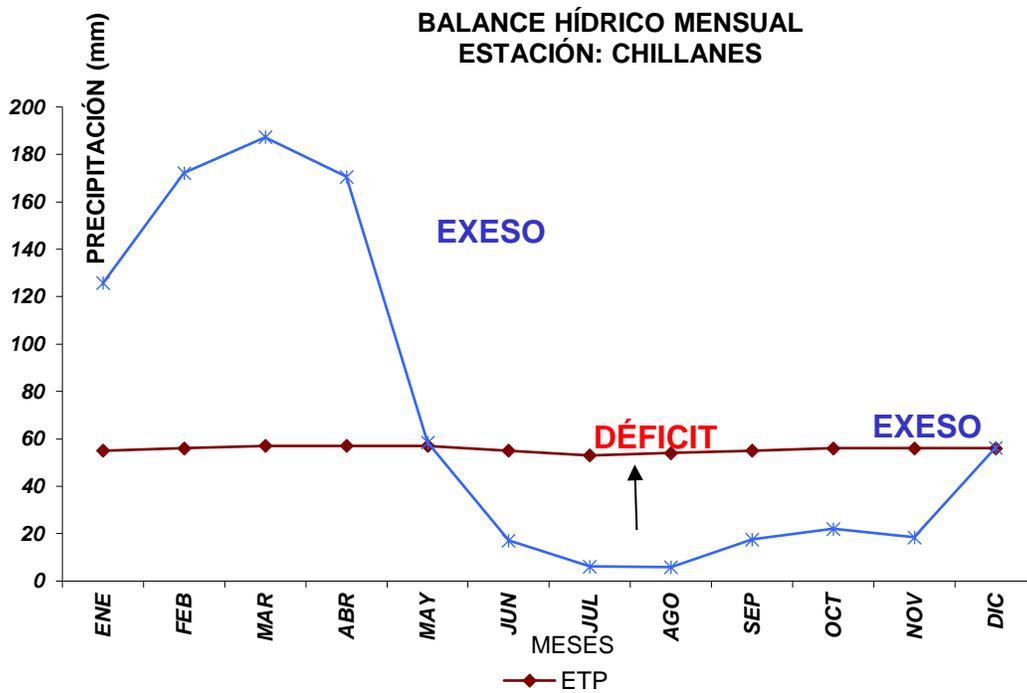


Tabla No. 56 Eventos adversos ocurridos en el cantón Pallatanga.

Evento adverso	Mes	Año
Deslizamiento y aluvión (Jaluví)	Marzo	1979
Deslizamiento y avalancha (Chalo – Trigoloma - Los Santiagos)	Julio	1982
Inundación río Wichiche	Abril	1992
Inundación barrio El Progreso, río Wichiche	Abril	1995
Desbordamiento quebrada Chuiniuco	Febrero	1996
Deslave quebrada san Carlos, deslizamiento Chalo	Enero	1998
Deslizamiento Chalo Trigoloma	Febrero	2001
Deslave sector Chalo	Marzo	2005
Incremento del caudal río Wichiche	Abril	2007
Deslave Los Santiagos	Agosto	2007

Tomando en cuenta el promedio mensual para el mes de máxima precipitación (marzo) entre los años (1970-2000); se tiene los siguientes valores:

Estaciones	Nombre	Total (mm)
M039	BUCAY	527,3
M130	CHILLANES	181,1
M131	SAN PABLO DE ATENAS	256,2
M134	GUAMOTE	72,4
M135	PACHAMAMA-TIXAN	143,6
M136	CHUNCHI	89,4
M391	PALLATANGA	206,8
M395	CEBADAS	89,9
M402	CHIMBO DJ PANGOR	150,2
M403	ALAUSI	81,9
M404	CANNI-LLIMBE	209,6
M405	GUASUNTOS	83,6
M409	PANGOR-J.DE VELASCO(H.TEPEYAC)	186,0

Los mismos que se interpolaron para generar el mapa de isoyetas que muestran el promedio mensual para el mes de máxima precipitación (marzo), del cual se establece:

La zona 1 con mayor precipitación corresponde a la parte más baja, donde descargan las lluvias provenientes de Bucay, la zona 2 donde las precipitaciones son

medias, corresponden a la parte occidental del cantón y la zona 3 de menor precipitación ubicada en la parte oriental .

Las precipitaciones en el cantón consideradas como un factor detonante se clasificaron de la siguiente forma:

Tabla No. 57 Valor ponderado para precipitaciones.

Rangos (mm)	Ponderación (Tp)
< 140	0
140-160	1
170-190	2
>200	3

Considerando cuatro rangos de clasificación, precipitaciones < a 140 mm un valor de cero ya que en estas zonas la probabilidad de ocurrencia a FRM, sería baja, de 140 a 160 mm se asignó el valor de 1, mayor probabilidad a que desaten FRM, de 170 a 190 mm, el valor de 2, y por último precipitaciones mayores a los 200 mm como un valor ponderado de 3, que seguramente actuaría como detonante para la generación de FRM (Anexo No. 7).

4.2. Geomorfología del cantón Pallatanga

En el cantón Pallatanga se encuentran cuatro unidades fisiográficas:

- Cimas frías de las cordilleras heredadas de formas paleoglaciares
- Relieves de los márgenes de las cimas frías
- Vertientes externas de la cordillera occidental
- Medio aluvial

4.2.1. Unidad fisiográfica: cimas frías de las cordilleras heredadas de formas paleoglaciares

Esta unidad se caracteriza por una fragmentación geográfica, desde la frontera colombiana hasta el sur de Amaluza, en la frontera peruana. Las tierras frías dibujan dos

fajas paralelas con sentido meridiano que coronan las dos cordilleras andinas, Occidental y Real. La altitud es el primer punto en común a esos paisajes andinos, alcanza los 6310 msnm en el volcán Chimborazo, sus límites

inferiores son todavía muy elevados, varían entre 3300 y 3400 msnm en la región norte y entre 3100 y 3200 msnm hacia Amaluza, en el sur.

En el cantón Pallatanga, esta unidad tiene una extensión de 2698,9 ha, abarcando el 7 % de la superficie total del cantón, aproximadamente. Se ubica en la parte este del cantón, con alturas que oscilan entre los 3500 a 4500 msnm. Existen relieves montañosos con cimas redondeadas, superficies volcánicas onduladas con vertientes convexas.

Sus características son:

- Ecología: herbazal y arbustal siempre verde de páramo.
- Formas del relieve: relieve volcánico montañoso, relieve volcánico colinado muy alto, relieve colinado alto y superficie volcánica ondulada.
- Geología: lavas ácidas pertenecientes a la formación Cisarán.
- Cobertura natural: páramo herbáceo
- Uso actual de las tierras: agricultura (principalmente cebada, haba, papa) y ganadera.
- Infraestructura vial y poblacional: en su mayoría la red vial se encuentra conformada por una vía de revestimiento suelto o ligero.
- Vías principales: caminos de tercer orden y senderos principalmente que conectan los pequeños poblados.
- Poblados principales: Huyrapungo, Rumiurcu.
- Peligros naturales: FRM, erosión por surcos y cárcavas.

4.2.2. Unidad fisiográfica: relieves de los márgenes de las cimas frías

Esta unidad se extiende alrededor de las tierras altas de la sierra central, desde el noroeste del macizo Chimborazo - Carihuairazo hasta la entalladura de Santa Isabel, al sur. Ocupa un estrato homogéneo de altitud que inicia cerca de los 2800 a 3000 m para elevarse hasta las tierras frías altas hacia 3200 a 3400 m. Muestra el mismo descenso hacia el sur,

como en las zonas frías: entre 3000 y 3400 m al oeste del Chimborazo, 2800 – 3200 m hacia Cuenca.

Posee modelados relativamente constantes, con perfil rectilíneo y pendiente pronunciada superior a 100%, cuyo desnivel relativo avicina los 400 m. Esta unidad se encuentra ubicada al este del cantón Pallatanga y ocupa una superficie aproximada de 7111,8 ha, representando el 18,6% del total de superficie. Está caracterizada principalmente de relieves volcánicos colinados altos a montañosos, con pendiente de 40-70%, de cimas agudas con formas de vertiente irregular correspondientes a la formación Cisarán, con alturas que oscilan entre los 2800 a 3600 msnm.

Sus características son:

- Ecología: herbazal del páramo.
- Formas del relieve: relieve volcánico montañoso, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico colinado alto, relieve colinado medio, relieve colinado bajo y garganta.
- Geología: lavas ácidas asociadas a la formación Cisarán.
- Cobertura natural: páramo herbáceo muy alterado, vegetación herbácea húmeda.
- Uso actual de las tierras: agrícola (papa, haba, cebada) y ganadera.
- Infraestructura vial y poblacional: en su mayoría la red vial se encuentra conformada por vías de tercer orden.
- Vías principales: vía de tercer orden que conecta al poblado de Pallatanga con la comunidad de Bushcud dentro de la unidad descrita.
- Poblados principales: Bushcud, Cuchi Puñuna, El Rodeo, El Salto, Trebol Cunga.
- Peligros naturales: movimientos en masa como deslizamientos y caídas.

4.2.3. Unidad fisiográfica: vertientes externas de la cordillera occidental

Ocupa casi la totalidad de la vertiente andina occidental, presenta modelados menos marcados, ya que el recubrimiento de cenizas generó una difuminación de las formas. En las proximidades de los volcanes de la cordillera Occidental, existen numerosas formas volcánicas sobrepuestas al modelo preexistente; coladas de lava, lahares, corrientes lodosas de deshielo, flujos piroclásticos, además, se puede notar la presencia

de numerosas paleo-formaciones de vertientes como deslizamientos, fenómenos de gravedad o coluviones, bien representadas sobre los flancos de los valles de la vertiente noroccidental o en la proximidad del piedemonte central.

Se localizada principalmente al occidente y centro del cantón Pallatanga, corresponde a 26563 ha, equivalente aproximadamente al 69,4% de la superficie total del cantón. Se encuentra relacionada con relieves colinados medios a montañosos de cimas redondeadas, con alturas que oscilan entre los 2600 a 3000 msnm, coluviones antiguos, gargantas, superficie ondulada y superficie volcánica ondulada.

Sus características son:

- Ecología: herbazal de páramo y pastizales interandinos.
- Formas del relieve: barranco, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, cono de derrubios, encañonamiento, escarpe de deslizamiento, escarpe de falla, escarpe de terraza, flujo lodo, garganta, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto, relieve colinado medio, relieve colinado bajo, relieve montañoso, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado bajo,
- relieve volcánico montañoso, superficie de cono de deyección antiguo, superficie ondulada, superficie volcánica ondulada, terraza baja y cauce actual y vertiente abrupta.
- Geología: andesita basáltica perteneciente a la unidad Pallatanga, limolitas grises, sedimentos estratificados de la formación Yunguilla, andesitas verdes homogéneas y compactas pertenecientes a la formación Macuchi, formación Apagua que consiste en arcillolitas, secuencia de relleno de cuenca silisiclástica del grupo Angamarca, rocas volcánicas calco-alcálicas de la formación Saraguro, lavas dacíticas de la formación Cisarán, depósitos aluviales, coluviales y coluvio aluviales de edad Cuaternaria.
- Cobertura natural: vegetación arbórea y herbácea húmeda.
- Uso actual de las tierras: agrícola (cultivos de fréjol, fresas, tomate de árbol) y ganadera.

- Infraestructura vial y poblacional: en su mayoría la red vial se encuentra conformada por dos o más vías de revestimiento suelto o ligero y caminos de verano que conectan los poblados dentro de la unidad descrita.
- Vías principales: vías de primer a tercer orden y senderos que conectan los poblados.
- Poblados principales: Pallatanga, Trigoloma, Los Santiagos, Panza Redonda.
- Peligros naturales: movimientos en masa como deslizamientos, caídas e inundaciones.

4.2.4. Unidad fisiográfica: medio aluvial

Varios autores lo llaman sistema fluvial pero se puede definir como la unidad o sistema influenciado directamente por la acción de los ríos. Es un sistema muy variable ya que cambia con el tiempo, debido a la actividad de procesos erosivos y de sedimentación, responde también a los cambios climáticos, modificaciones de nivel de base, tectónica Cuaternaria y actividades humanas. En el cantón Pallatanga existen 1927,4 ha de esta unidad, lo que corresponde aproximadamente al 5% del total de la superficie del cantón. Está dominada por la acción de los ríos Coco, Chimbo, Salsipuedes, Bisniag, Santiagos con dirección preferencial norte – sur, y de varias quebradas que atraviesan el cantón con una dirección este - oeste.

Estos cauces, conjuntamente con el tipo de material presente en el cantón, han provocado la aparición de terrazas. Sus características son:

- Ecología: pastos cultivados y cultivos anuales.
- Formas del relieve: terraza alta, terraza media, terraza baja y cauce actual.
- Geología: depósitos aluviales de edad Cuaternaria.
- Cobertura natural: pastos, cultivos anuales y semipermanentes.
- Uso actual de las tierras: agrario (cultivos de tomate de árbol, fréjol).
- Infraestructura vial y poblacional: vías pavimentadas, vías de revestimiento suelto o ligero, caminos de verano, senderos.
- Vías principales: Panamericana, Riobamba - Pallatanga - Bucay.
- Poblados principales: Pallatanga, Los Santiagos, Los Llanos.

Tabla No. 58 Unidades genéticas, geomorfológicas y denominación geológica.

Unidad geológica	Unidad genética	Unidad geomorfológica	Símbolo
Depósitos aluviales	Deposicional	Terraza antigua	Tde
		Escarpe de terraza antigua	Etr
		Terraza alta	Ta
		Escarpe de terraza	Et
		Terraza media	Tm
		Terraza baja y cauce actual	Tb
Depósitos coluvio aluviales	Deposicional acumulativo	Superficie de cono de deyección antiguo	Cds
Depósitos coluviales		Superficie de cono de deyección reciente	Cy
		Coluvión antiguo	Can
		Coluvio aluvial antiguo	Co
Formación Cisarán	Volcánico	Relieve volcánico montañoso	Rv7
		Relieve volcánico colinado muy alto	Rv6
		Relieve volcánico colinado alto	Rv5
		Relieve volcánico colinado medio	Rv4
		Superficie volcánica ondulada	Svn
		Vertiente abrupta	Vab
	Denudativo	Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
		Barranco	Br
Grupo Saraguro	Volcánico	Relieve volcánico montañoso	Rv7
		Relieve volcánico colinado alto	Rv5
		Relieve volcánico colinado medio	Rv4
		Superficie volcánica ondulada	Svn
		Vertiente abrupta	Vab
		Escarpe de falla	Ef
	Denudativo	Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
Formación Apagua	Estructural plegado	Relieve estructural montañoso	R7
		Relieve estructural colinado muy alto	R6
		Relieve estructural colinado alto	R5
		Superficie ondulada	Sn
		Vertiente abrupta	Vab
	Denudativo	Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
Grupo Angamarca	Estructural plegado	Relieve estructural colinado muy alto	R6
		Relieve estructural colinado alto	R5
		Superficie ondulada	Sn
		Vertiente abrupta	Vab

Unidad geológica	Unidad genética	Unidad geomorfológica	Símbolo
	Denudativo	Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
Unidad Macuchi	Denudativo	Relieve montañoso	R7
		Relieve colinado muy alto	R6
		Relieve colinado alto	R5
		Superficie ondulada	Sn
		Vertiente abrupta	Vab
		Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
Formación Yunguilla	Estructural plegado	Relieve estructural montañoso	R7
		Relieve estructural colinado muy alto	R6
		Relieve estructural colinado alto	R5
		Relieve estructural colinado medio	R4
		Relieve estructural colinado bajo	R3
		Superficie ondulada	Sn
		Vertiente abrupta	Vab
	Denudativo	Escarpe de falla	Ef
		Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
		Barranco	Br
Unidad Pallatanga	Denudativo	Encañonamiento	Ec
		Relieve montañoso	R7
		Relieve colinado muy alto	R6
		Relieve colinado alto	R5
		Relieve colinado medio	R4
		Relieve colinado bajo	R3
		Superficie ondulada	Sn
		Vertiente abrupta	Vab
		Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz
Intrusivo Granodiorítico	Denudativo	Relieve montañoso	R7
		Relieve colinado muy alto	R6
		Relieve colinado alto	R5
		Relieve colinado medio	R4
		Superficie ondulada	Sn
		Garganta	Gr
		Escarpe de deslizamiento	Edz

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

Geoformas de origen denudativo

Relieve montañoso (R7)

Este tipo de relieve se desarrolla sobre basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas verdes de la unidad Macuchi, sobre rocas intrusivas, se localiza principalmente en la parte

oeste y central del cantón, ocupa una extensión de 10739,72 ha, que representa el 28,13 % de la superficie total, con pendientes que varían de 12 a 150%, caracterizados por poseer un desnivel relativo mayor a los 300 m.; presentando, en su mayoría, cimas redondeadas y vertientes irregulares que sobrepasan los 500 m.

Fotografía No. 4 Relieve montañoso (R7). Sector San Vicente de Chaló. 2013.

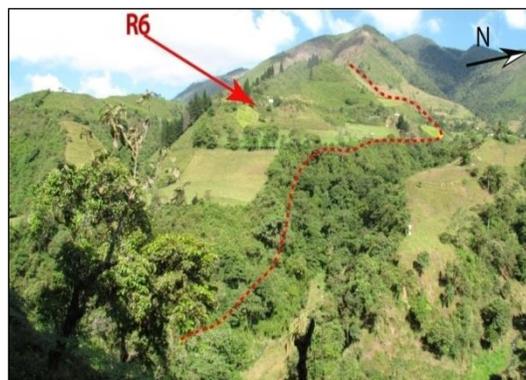


Relieve colinado muy alto (R6)

Esta geoforma tiene una extensión de 2205,93 ha aproximadamente siendo el 5,77% del área total del cantón. Se caracteriza por exhibir cimas redondeadas, en su mayoría con desnivel relativo que fluctúa de 200 a 300m, vertientes rectilíneas, con pendientes que no sobrepasan el 70%, longitud de vertiente que varían de 250 a 500 m.

Geológicamente está constituida por basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas verdes de la unidad Macuchi y sobre rocas intrusivas.

Fotografía No. 5 Relieve colinado muy alto (R6). Sector Curiyacu. 2013.



Relieve colinado alto (R5)

Este tipo de relieves se caracteriza por presentar un desnivel relativo de 100 a 200 m, constituidos por basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas verdes de la unidad Macuchi y sobre rocas intrusivas.

La pendiente va desde 12% hasta 70%, en su mayoría presentan forma de vertiente convexa y la longitud de vertiente no sobrepasa los 250m en donde se desarrolla la mayoría de la agricultura del cantón. Aproximadamente representa el 1,79% del área total con 681,85 ha.

Fotografía No. 6 Relieve colinado alto (R5). Sector San Francisco. 2013.



Relieve colinado medio (R4)

Geológicamente, está asociado a la unidad Pallatanga, que consiste en basaltos. Se caracteriza por poseer cimas redondeadas o agudas con vertientes irregulares establecidas desde 50 hasta los 250m., el desnivel relativo bordea el rango de 25 a 100 m. La pendiente, que se estima de 5 a 40%, favorece el desarrollo de la agricultura. Esta geoforma se extiende con 120,71 ha que corresponde al 0,32% de la superficie total.

Fotografía No. 7 Relieve colinado medio (R4). Sector San Francisco. 2013.



Relieve colinado bajo (R3)

Consiste en relieves que presentan un desnivel relativo de 15 - 25 m, desarrollados sobre la unidad Pallatanga, constituidos de basaltos. Se localizan en el norte y sur del cantón con una pendiente media de 12 a 25%, forman una longitud de vertiente no mayor a 50 m, representan apenas 9,31 ha del total de la superficie, que corresponde al 0,02% de la superficie total.

Fotografía No. 8 Relieve colinado bajo (R3). Sector El Sagrario. 2013.



Superficie ondulada (Sn)

Esta geoforma abarca una extensión de 661,8 ha. Geológicamente comprende basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas basálticas de la unidad Macuchi y rocas intrusivas.

Se caracteriza por presentar una pendiente suave de 5 a 12% como máximo, localizada sobre relieves de cima plana a redondeada con desniveles relativos que no sobrepasan los 25 m.

Fotografía No. 9 Superficie ondulada (Sn). Sector Loma Santa Isabel. 2013.



Vertiente abrupta (Vab)

Constituye una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos, (cima) y los bajos (pie). Se caracteriza por poseer pendientes fuertes a muy fuertes de 40 a 100%, poseen vertientes rectilíneas, con una longitud de hasta 500 m, un desnivel relativo de hasta 300 m. Litológicamente, estas vertientes están formadas por basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas verdes de la unidad Macuchi y rocas intrusivas. Posee una extensión de 1225,75 ha que es alrededor del 3,21% de la superficie total.

Fotografía No. 10 Vertiente abrupta (Vab). Sector El Enillado. 2013.

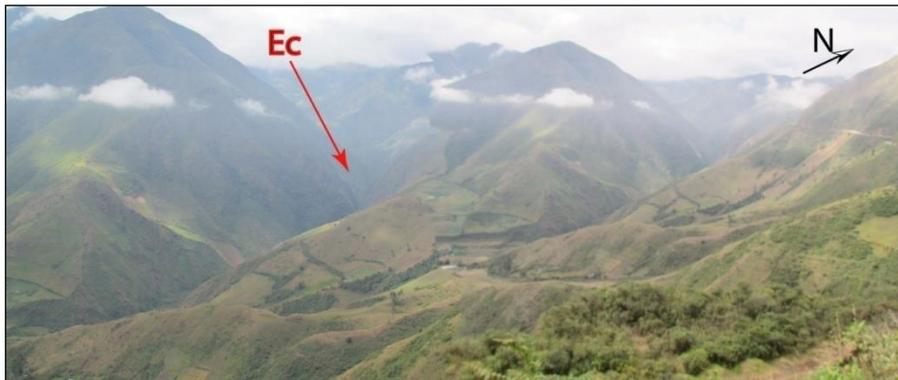


Encañonamiento (Ec)

Geoforma caracterizada por generarse a través de procesos denudativos, presentando pendientes fuertes con un rango que fluctúa de 40 a 70%, con vertientes rectilíneas, asociado a basaltos de la unidad Pallatanga, cuyo desnivel relativo varía desde los 25 hasta los 100 m.

Se localiza principalmente entre los relieves montañosos. Los encañonamientos representativos del cantón se observan en San Vicente de Chaló y a lo largo de las quebradas Asocoto y Gahuín, al sur y norte del cantón, respectivamente, formando un área menor a 16,60 ha.

Fotografía No. 11 Encañonamiento (Ec). Sector El Enillado. 2013.



Escarpe de deslizamiento (Edz)

Corresponde a un rasgo en la superficie a través de la cual se ha desplazado una masa de terreno. Esta superficie normalmente tiene una pendiente mayor a la de la topografía circundante, la cual oscila de 12 a 100%. El desnivel relativo no sobrepasa los 25 m.

Se presentan sobre basaltos de la unidad Pallatanga, arcillolitas grises de la formación Yunguilla, andesitas verdes de la unidad Macuchi, lutitas y limolitas de la formación Apagua, sedimentos volcano-clásticos formación Cisarán. El escarpe de deslizamiento más representativo del cantón se encuentra en el sector de Jaluví. El área de esta unidad geomorfológica ocupa 318,54 ha.

Fotografía No. 12 Escarpe de deslizamiento (Edz). Sector San Vicente de Jipancoto. 2013.



Garganta (Gr)

Se caracteriza por poseer laderas pronunciadas, con pendientes de 40% a 150%, desniveles relativos de 25 a 50 m y vertientes irregulares, las mismas que se originan a partir de un proceso de erosión por un curso de agua. Se encuentran ubicados a lo largo de todo el cantón. El área de esta unidad es de 531,71 ha. Litológicamente corresponde a andesitas basálticas de la unidad Pallatanga, arcillolitas grises de la formación Yunguilla, andesitas verdes de la unidad Macuchi, lutitas y limolitas de la formación Apagua, sedimentos volcánico-clásticos de la formación Cisarán.

Fotografía No. 13 Garganta (Gr). Sector río Salsipuedes. 2013.



Flujo (FI)

Se refiere a geoformas relativamente alargadas, estrechas y delgadas compuesta de suelo y roca que se encuentran muy meteorizadas.

Poseen pendientes de hasta 25% y longitudes de vertiente que no sobrepasan los 15 m.

Se reconocen principalmente en el sector de La Cruz, debido a la pendiente y el tipo de material existente. El área de esta unidad es de 40,99 ha.

Fotografía No. 14 Flujo (FI). Sector La Cruz. 2013.



Escarpe de falla (Ef)

Esta geoforma presenta una pendiente pronunciada que varía de 40 a 70%, con desniveles relativos que sobrepasan los 100 m.

Fotografía No. 15 Escarpe de falla (Ef). Sector río Coco. 2013.

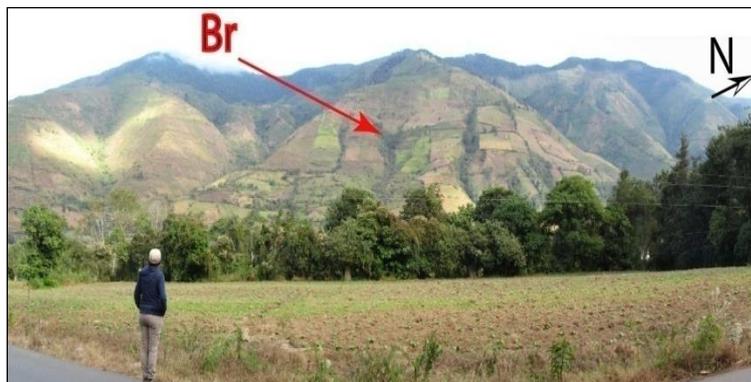


Barranco (Br)

Se origina a través de procesos erosivos, en el que el agua actúa como un agente modelador, excavando los materiales blandos de las formaciones circundantes y provocando vertientes casi verticales de hasta 100 m en promedio, con pendientes de 40 a 70% y desniveles relativos de 5 a 50 m.

Está asociado geológicamente a arcillolitas grises de la formación Yunguilla, sedimentos volcano- clásticos de la formación Cisarán. El área de esta unidad ocupa 31,27 ha.

Fotografía No. 16 Barranco (Br). Sector Santa Ana Norte. 2013.



4.2.5. Geoformas de origen estructural plegado

Relieve estructural montañoso (R7)

Geoforma desarrollada sobre arcillolitas grises de la formación Yunguilla y lutitas de la formación Apagua, poseen cimas redondeadas y vertientes irregulares mayor a 500 m, la pendiente de media fuerte a fuerte con un rango de 25 a 70% y desnivel mayor a los 300 m. Tiene una extensión de 4911 ha que representa el 12,86% de la superficie intervenida.

Relieve estructural colinado muy alto (R6)

Esta geoforma tiene una extensión de 1655 ha aproximadamente siendo el 4,33% del área total del cantón. Se encuentra asociada a arcillolitas grises de la formación Yunguilla, lutitas de la formación Apagua y relleno siliciclástico del grupo Angamarca. Se caracteriza por exhibir cimas redondeadas, con desnivel relativo en un rango de 200 a 300

m, vertientes rectilíneas de 250 a 500 m, con pendientes de 25 a 70%. Geológicamente está constituida por basaltos de la unidad Pallatanga, andesitas verdes de la unidad Macuchi y rocas intrusivas.

Relieve estructural colinado alto (R5)

Este tipo de relieves se caracteriza por presentar un desnivel relativo de 100 a 200 m. Están constituidos por arcillolitas grises de la formación Yunguilla y lutitas de la formación Apagua. La pendiente va desde 12% hasta 70%, en su mayoría presentan forma de vertiente irregular y la longitud de vertiente no sobrepasa los 250 m. Aproximadamente representa el 1,6% del área total con 611 ha.

Relieve estructural colinado medio (R4)

Constituye elevaciones de material de origen estructural plegado de la formación Yunguilla, originando relieves de pendientes que van desde suave, media a fuerte, caracterizados por un desnivel relativo de 25 a 100 m, produciendo una longitud de vertiente que no sobrepasa los 200 m y presentando una forma aguda en la cima. Representan una superficie de 79 ha que equivale al 0,20% del área total del cantón.

Relieve estructural colinado bajo (R3)

Consiste en relieves que presentan un desnivel relativo de 15 a 25 m, desarrollados sobre la formación Yunguilla y están constituidos de arcillolitas grises. Se encuentran localizados en el norte y sur del cantón con una pendiente media de 12 a 25%, forman una longitud de vertiente no mayor a 50 m y ocupan apenas 4,8 ha del total de la superficie, lo que corresponde al 0,02% de la superficie total.

4.2.6. Geoformas de origen volcánico

Relieve volcánico montañoso (Rv7)

Este tipo de relieves se refiere a las acumulaciones de depósitos producto de erupciones volcánicas, asociados al grupo Saraguro y a los sedimentos volcano-clásticos

gruesos y lavas intermedias de la formación Cisarán. Se caracterizan por tener un desnivel relativo mayor a los 300 m, acompañado de pendientes que oscila entre 25 y 150%. La longitud de vertiente puede establecerse desde los 250 m. hasta sobrepasar los 500 m en algunos casos.

Es geoforma se encuentran localizada principalmente en la parte este del cantón, con una superficie de 13 634,47 ha. que representa el 35,71% del área total.

Fotografía No. 17 Relieve volcánico montañoso (Rv7). Sector Loma Saunaspa. 2013.



Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6)

Localizados y distribuidos uniformemente de norte a sur en la parte oriental del cantón, representan el 5,55% del área total con 2120,08 ha. La geología refleja un volcanismo de edad Eocénica representada por rocas volcánicas calco-alcalinas intermedias a ácidas continentales del grupo Saraguro y a los sedimentos volcano-clásticos gruesos y lavas intermedias de la formación Cisarán de edad Miocénica, produciendo relieves con un desnivel relativo de 200 a 300 m, con pendientes medias a muy fuertes con un rango de 12 a 100%.

Esta forma de elevación exhibe cimas redondeadas acompañadas de un patrón de drenaje dendrítico característico de la litología existente.

Fotografía No. 18 Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6). Sector Huayrapamba. 2013.



Relieve volcánico colinado alto (Rv5)

Elevaciones que no sobrepasan los 200m., de desnivel relativo y pendientes que oscilan entre 25 y 100%. Se caracterizan por poseer cimas agudas y redondeadas, vertientes irregulares con una longitud de vertiente que varía entre 50 a 500m.

Están localizados dentro de los relieves volcánicos montañosos y los relieves volcánicos colinados muy altos, representan apenas 1,25% de la superficie total del cantón con 478,36 ha., geológicamente asociada a rocas volcánicas de la formación Saraguro y lavas ácidas de la formación Cisarán.

Fotografía No. 19 Relieve volcánico colinado alto (Rv5). Sector Loma Cuchi Corral. 2013.



Relieve volcánico colinado medio (Rv4)

Este relieve colinado medio está constituido por elevaciones de material de origen volcánico del grupo Saraguro y formación Cisarán, originando relieves de pendientes que van desde suave a media a fuerte. Se caracteriza por un desnivel relativo de 25 a 100 m, provocando una longitud de vertiente que no sobrepasa los 250 m. Presenta una forma redondeada y aguda en la cima. Ocupan una superficie de 102,84 ha equivalente al 0,27% del área total del cantón.

Fotografía No. 20 Relieve volcánico colinado medio (Rv₄). Sector Palmital de Asocoto. 2013.



Superficie volcánica ondulada (Svn)

Esta geoforma tiene una extensión de 458,35 ha., y se caracteriza por exhibir cimas plana a redondeadas, pendientes planas a medias de 0 a 25%, desniveles relativos inferiores a los 25 m. Están localizadas en la parte oriental del cantón Pallatanga, en el sector el Olivo y Pajón de Guaro.

Litológicamente corresponde a rocas volcánicas calco-alcálicas intermedias a ácidas continentales del grupo Saraguro y a los sedimentos volcánico-clásticos gruesos y lavas intermedias de la formación Cisarán.

Fotografía No. 21 Superficie volcánica ondulada (Svn). Sector Pajón de Guaro. 2013.



Geoformas de origen deposicional acumulativo

Coluvión antiguo (Can)

Esta geoforma se origina por la acumulación de material coluvial. Este se deposita en los flancos y al pie de los relieves montañosos y colinados muy altos.

La pendiente de todas estas geoformas no sobrepasa el 40%, sin embargo, presenta desniveles relativos de hasta 200 m., en algunos casos. Sus longitudes de vertientes pueden medir hasta 250 m, ocupa una superficie de 2 262,17 ha y representa el 5,92% de la superficie total del cantón.

Fotografía No. 22 Coluvión antiguo (Can). Sector Palmital de Asocoto. 2013.



Coluvio aluvial antiguo (Co)

El material de estas geoformas es producto de la erosión de las partes altas de las formaciones existentes y de la depositación de material aluvial acarreado por corrientes fluviales. Tiene pendientes que oscilan entre 0 y 25% y en algunos casos hasta 40%, con desniveles relativos menores a 15 m.

Se localizan en las márgenes de los drenajes principales, formados por arenas gruesas, limos y arcillas. Esta unidad ocupa una extensión de 320,64 ha.

Fotografía No. 23 Coluvio aluvial antiguo (Co). Sector Guaro Chico. 2013.



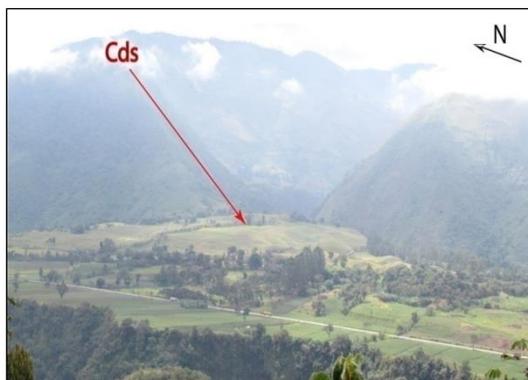
4.2.7. Geoformas de origen deposicional acumulativo

Superficie de cono de deyección antiguo (Cds)

Depósito de sedimentos en forma de cono que normalmente se origina al pie de una ladera en la zona donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso. Esta geoforma se caracteriza por la presencia de superficies disectadas debido a que han sido sometidas durante un largo tiempo a la actuación de procesos de remodelación secundarios, principalmente de la escorrentía superficial.

Posee una pendiente de muy suave a suave que va desde 2 a 12%, un desnivel relativo que no sobrepasa los 5 m, una longitud de vertiente menor a 15 m. La extensión de esta unidad es de 4,33 ha.

Fotografía No. 24 Superficie de cono de deyección antiguo (Cds). Sector Los Llanos. 2013.



Superficie de cono de deyección reciente (Cy)

Se refiere a los depósitos de sedimentos en forma de cono que normalmente se forma al pie de una ladera en la zona donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso. Esta forma suele obedecer al cambio de pendiente entre la superficie a lo largo de la cual se desplaza el material y la del terreno en la que se deposita, o al cambio donde un valle confinado se ensancha. Se caracteriza por la presencia de guijarros de diferente tamaño.

Esta geoforma presenta una pendiente que no sobrepasa el 12% y un desnivel relativo inferior a los 5 m. El área de esta unidad ocupa 1,86 ha.

4.2.8. Geoformas de origen deposicional

Terraza alta (Ta)

Son superficies antiguas de origen fluvial que por el avance de la erosión del cauce se encuentran levantadas. Tienen una pendiente plana a muy suave de 0 a 5% y un desnivel relativo de 0 a 5 m. Litológicamente se encuentran conglomerados formados por clastos de tamaño centimétrico.

Se localizan en los drenajes principales del cantón donde la erosión fluvial se evidencia claramente. Esta unidad ocupa una extensión de 197,75 ha.

Esta unidad ocupa una extensión de 197,75 ha.

Fotografía No. 25 Terraza alta (Ta). Sector Lotización Los Llanos. 2013.

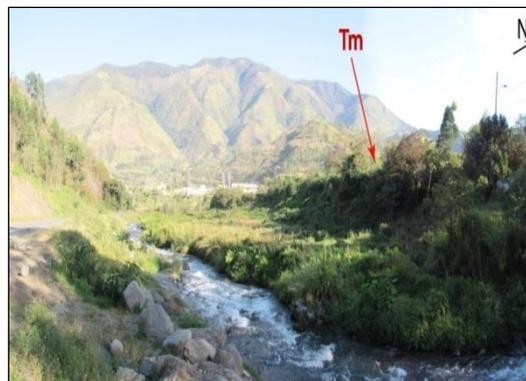


Terraza media (Tm)

Estas terrazas son el resultado de la acumulación de material aluvial, presenta una pendiente casi plana, aproximada de 0 a 5%.

Localizados cerca de los drenajes principales del cantón donde el arrastre de materia aluvial ha configurado la geoforma con un desnivel relativo inferior a los 5 m. El área es de 236,72 ha., del total de la superficie.

Fotografía No. 26 Terraza media (Tm). Sector San Francisco. 2013.



Escarpe de terraza (Et)

La forma rectilínea de la vertiente caracteriza a este tipo de geoforma, además, presenta una pendiente de media a fuerte a muy fuerte que varía de 25 a 100 %, el desnivel relativo es pronunciado y en algunos casos bordea los 200 m.

Litológicamente están formados por el mismo material de las terrazas altas. Sobre estas geoformas existen viviendas y centros turísticos, que podrían ser afectados por posibles inundaciones. La extensión de esta unidad es de 482,31 ha.

Fotografía No. 27 Escarpe de terraza (Et). Sector Los Llanos. 2013.



Terraza baja y cauce actual (Tb)

Esta forma del relieve, se constituye por material aluvial reciente producto del arrastre fluvial, presenta pendiente plana de 0 a 2%, no sobrepasan los 5 m de altura. Se encuentran distribuidas preferentemente de norte a sur siguiendo un patrón de drenaje guiado por lineamientos que atraviesan el cantón. La extensión de esta unidad es de 358,97 ha.

Fotografía No. 28 Terraza baja y cauce actual (Tb). Sector río Coco. 2013.

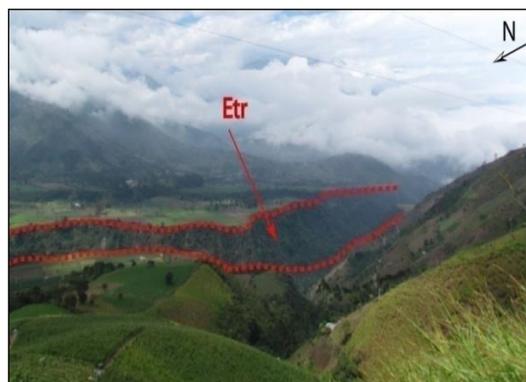


Escarpe de terraza antigua (Etr)

Se refiere a la formación de un desnivel con pendiente fuerte que bordea el 100%, consecuencia de la erosión hídrica, conformado por material heterogéneo circundante de la zona, el desnivel relativo fluctúa entre 50 a 100 m.

En el cantón Pallatanga tiene una superficie de 482,31ha.

Fotografía No. 29 Escarpe de terraza (Etr). Sector río Coco. 2013.



Terraza antigua (Tde)

Son superficies originadas por la acumulación de material circundante y por la acción de los diferentes agentes erosivos lo que provoca la diferencia de desnivel con las geoformas adjuntas. Tienen una pendiente relativamente plana que no sobrepasa el 5% y un desnivel relativo de 0 a 5 m. Litológicamente se encuentran conglomerados formados de cantos de tamaño centimétrico. Presentan una disposición grano decreciente.

Esta unidad ocupa una extensión de 911,95 ha, ubicada al sur del cantón (Anexo No.8).

4.3. Inventario de procesos de remoción en masa

Los procesos de remoción en masa en el cantón Pallatanga se encuentran favorecidos por las altas pendientes, la acción del agua, el tipo de material (roca meteorizada), acumulaciones coluviales en las laderas y, en algunos casos, por la escasa vegetación. A continuación, se presenta la Tabla No.59 en la que se enlista el estado, tipo,

magnitud y sector de los procesos de remoción en masa presentes en el cantón Pallatanga (Anexo No. 9).

Tabla No. 59 Procesos de remoción en masa presentes en el cantón Pallatanga.

No.	x	y	z	Tipo	Sector	Estado	Magnitud
1	727044	9784080	2309	Combinado (Deslizamiento o y flujo)	San Vicente de Chalo	Activo	Grande
2	724871	9776151	1383	Deslizamiento	Huangasi	Relicto	Mediano
3	724539	9776010	1369	Deslizamiento	Huangasi	Activo	Mediano
4	724075	9775596	0	Deslizamiento	La Tigrera	Activo	Grande
5	723770	9774500	1338	Deslizamiento	Sucuso	Latente	Mediano
6	723356	9773786	1337	Deslizamiento	Los Llanos	Latente	Mediano
7	722552	9772846	1276	Deslizamiento	H. Sucuso	Latente	Mediano
8	722550	9772402	1265	Caída	Potrerrillos	Activo	Mediano
9	722074	9771313	1201	Deslizamiento	H. Bomba Cagua	Latente	Mediano
10	720047	9770955	1065	Caída	San Nicolas	Latente	Pequeño
11	719064	9772388	1131	Reptación	San Nicolas	Latente	Grande
12	722682	9774814	1609	Deslizamiento	Sucuso	Latente	Pequeño
13	723964	9769092	1066	Deslizamiento	Los Santigos	Estabilizado	Grande
14	725087	9766716	1254	Caída	El Citado	Relicto	Pequeño
15	726016	9769992	1449	Deslizamiento	San Francisco	Relicto	Pequeño
16	730941	9773433	2239	Deslizamiento	Vía a Jaluvi	Relicto	Mediano
17	730090	9775745	2310	Combinado (Deslizamiento o y Flujo)	Palmital de Asocoto	Activo	Grande
18	729199	9771769	2356	(Combinado) Deslizamiento y flujo)	Santa Isabel	Activo	Grande
19	725242	9774065	1520	Deslizamiento	H. Los Llanos	Latente	Mediano
20	725085	9779214	1571	Reptación	Ayazamba	Latente	Pequeño
21	725746	9784231	0	Deslizamiento	Vía Pallatanga	Activo	Mediano
22	725772	9779275	0	Deslizamiento	Ayazamba	Activo	Mediano
23	726477	9779040	0	Inundación	Río Wichiche	Latente	Grande
24	724503	9770391	1400	Traslacional	Los Santiagos(II)	Activo	Grande

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

4.4. Caracterización del tipo de movimiento en masa

En el mes de agosto del 2013 se identificaron 24 FRM ocurridos en el área de estudio (Anexo No.9; Tabla No. 59), los mismos que presentan las siguientes características:

Sector San Vicente de Chalo-La Cruz

Localización

- Coord X: 727127 m
- Coord Y: 9784204 m
- Altura: 2305 msnm

Características del movimiento:

Este fenómeno está ubicado en el sector La Cruz; es de tipo combinado, en la parte superior existe un deslizamiento de roca, tipo rotacional, con un área aproximada de 228700,62 m², longitud: 704 m, ancho: 480 m en estado activo, de magnitud grande, en el que se ha instalado un sistema de alerta temprana. El material deslizado corresponde litológicamente a lutitas y filitas diaclasadas. El deslizamiento se origina en la unidad geomorfológica, relieve montañoso que se caracteriza por presentar una pendiente fuerte (40 a 70%), longitud de vertiente larga. El deslizamiento al pie origina un flujo, formado por el material removido, al momento de llegar a la quebrada que confluye al río Pangor, tiene una longitud de: 988 m y un ancho de 60 m con un área aproximada de 53128,86 m².

En el sector de Chalo, se evidencia un deslizamiento de roca, tipo rotacional, con un área aproximada de 113 096,82 m², longitud: 600 m, ancho: 220 m, presenta un estado relicto, de magnitud grande, que al pie originó un flujo canalizado.

Entre las causas principales que se pueden detallar para la ocurrencia de estos fenómenos de remoción en masa, se puede citar: material agrietado, y meteorizado, pendiente, la longitud de vertiente, además de un control estructural presente en el sector. Uno de los detonantes, principales son las lluvias, ocurridas en los meses de máxima precipitación (enero - marzo).

Los principales daños causados en San Vicente de Chalo - La Cruz se focalizan en: vías de comunicación - como es la vía panamericana Riobamba - Bucay que tiene fisuras, y ondulamientos

- los centros poblados La Cruz y San Vicente de Chalo, además de la actividad económica agrícola presente en el sector. El grado de amenaza es considerado alto.

- Históricamente este deslizamiento es activo y ha ocasionado ondulación en el terreno, afectación en centros poblados, y vías de comunicación (Anexo No. 10).

Fotografía No. 30 Flujo de detritos originado al pie del deslizamiento. Sector La Cruz. 2013.



Sector Escuela Cantón Colta (1) Localización

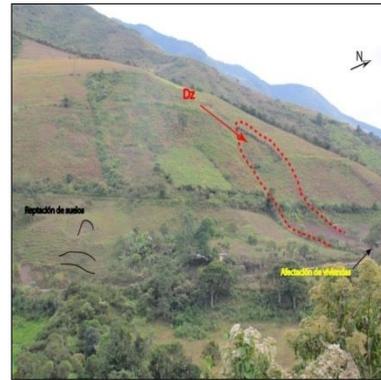
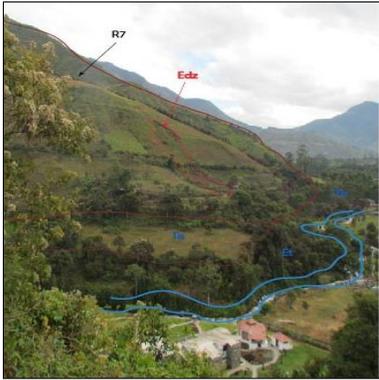
- Coord X: 724871 m
- Coord Y: 9776151 m
- Altura: 1383 msnm

Características del movimiento:

En el sector Escuela Cantón Colta se observa un deslizamiento, en estado relictos, de magnitud pequeña, el material deslizado corresponde a depósitos superficiales, existe ondulación en el terreno, con una severidad leve, se encuentra en la unidad geomorfológica correspondiente a un relieve montañoso, el mismo que posee una pendiente fuerte de (40 a 70%), y una longitud de vertiente larga. Entre las causas del deslizamiento están: la morfología, la pendiente favorable, la longitud de la vertiente y el material meteorizado, lo que afecta a centros poblados y vías de comunicación. Se

considera a la lluvia como principal detonante en este sector. La amenaza es considerada como de bajo grado.

Fotografía No. 31 Escarpe de deslizamiento. Sector Escuela Cantón Colta. 2013.



En la fotografía (a) se observa el escarpe de terraza, viviendas al pie y obras de infraestructura importantes, que podrían ser afectadas si ocurriese un aumento de caudal.

Sector Escuela Cantón Colta (2) Localización

- Coord X: 724539 m
- Coord Y: 9776010 m
- Altura: 1369 msnm

Características del movimiento:

En el sector Escuela Cantón Colta existe un deslizamiento, en estado relicto, de magnitud mediana, el material deslizado corresponde a suelo color café amarillento limo arcilloso. Se observa, además, el fenómeno de reptación y material coluvial al pie. El deslizamiento se encuentra en la unidad geomorfológica, relieve montañoso, esta posee una pendiente fuerte de 40 a 70%, con una longitud de vertiente moderada.

Como principal causa para el deslizamiento es el tipo de material plástico, la pendiente favorable y la morfología. La reactivación de este deslizamiento podría afectar a la Escuela Cantón Colta.

Fotografía No. 32 Deslizamiento en estado relicto, material coluvial. Sector Escuela Cantón Colta. 2013.



Sector La Tigra

Localización

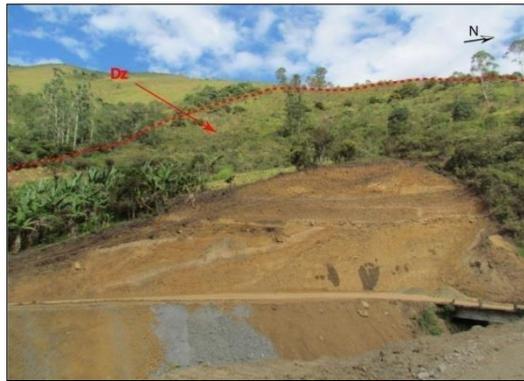
- Coord X: 724075 m
- Coord Y: 9775596 m
- Altura: 1940 msnm

Características del movimiento

En el sector la Tigra se observa un deslizamiento en estado activo, de gran magnitud. El depósito está constituido por matriz y rocas, compuestas por bloques y gravas en una matriz arcillosa con un escalonamiento del terreno considerado de severidad media.

El agua presente en el talud genera inestabilidad. Las causas para el deslizamiento son: el tipo de material y la pendiente favorable; como factor detonante se atribuye a la lluvia. La afectación se evidencia en vías de comunicación, obras de infraestructura y centros poblados. El grado de amenaza es medio.

Fotografía No. 33 Material deslizado, presenta agua, bloques. Sector La Tigra. 2013.



Sector Sucuso

Localización

- Coord X: 724150 m
- Coord Y: 9774150 m
- Altura: 1319 msnm

Características del movimiento

En el sector se observan dos FRM, un deslizamiento tipo rotacional en estado activo, de magnitud mediana. Los materiales deslizados son roca y matriz. Se observa un escalonamiento del terreno, de severidad media. Localizado en la unidad geomorfológica vertiente abrupta, de pendiente muy fuerte de 70 a 100%, con una longitud de vertiente moderada larga.

Entre las causas principales para la caída de rocas en estado latente están: el material meteorizado, la pendiente favorable, la morfología. Las altas precipitaciones que se atribuyen como principal detonante, afecta directamente a centros poblados, vías de comunicación.

Fotografía No. 34 Caída y deslizamiento. Sector Sucuso. 2013.



Sector Los Llanos

Localización

- Coord X: 723770 m
- Coord Y: 9774500 m
- Altura: 1338 msnm

Características del movimiento

En el sector Los Llanos se observan dos tipos de movimientos en masa: deslizamiento, en estado latente de roca (bloques de composición andesita basáltica) y caída de roca, de magnitud media, localizados sobre un relieve montañoso de pendiente fuerte, con una longitud de vertiente larga de 250 a 500 m.

Entre las causas principales de estos eventos tenemos: material fallado, fisurado y agrietado, la pendiente favorable, la longitud de la vertiente y su morfología, material colapsible. El principal detonante es la intensa precipitación en los meses lluviosos, la que ocasiona daños en las vías de comunicación que conectan los poblados de Los Llanos y Sucuso. La amenaza considerada es media.

Sector H. Sucuso

Localización

- Coord X: 723356 m
- Coord Y: 9773786 m
- Altura: 1337 msnm

Características del movimiento

Es un deslizamiento de tipo rotacional en estado activo de magnitud pequeña, el tipo de material deslizado es matriz, arenas y bloques. Está sobre un relieve montañoso de pendiente muy fuerte, la principal causa para la ocurrencia de este fenómeno se atribuye al tipo de material meteorizado, en combinación con la pendiente favorable del terreno y la longitud de vertiente. El detonante son las precipitaciones. Afecta principalmente a centros poblados y vías de comunicación. Su grado de amenaza bajo.

Fotografía No. 35 Deslizamiento. Sector Hacienda Sucuso. 2013.



Sector Potrerillos

Localización

- Coord X: 722552 m
- Coord Y: 9772846 m
- Altura: 1276 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa un deslizamiento de tipo rotacional, considerado como activo. El material deslizado corresponde a limos. Está ubicado sobre la geoforma relieve colinado muy alto de pendiente escarpada, con una longitud de vertiente larga. Una de las causas para que se produzca es el material fisurado, agrietado y meteorizado y la pendiente favorable. Como principal agente detonante se considera a las precipitaciones, y afecta fundamentalmente a vías de comunicación. El grado de amenaza es medio.

Fotografía No. 36 Deslizamiento. Sector Potrerillos. 2013.



Sector H. Bomba Cahua

Localización

- Coord X: 722074 m
- Coord Y: 9771313 m
- Altura: 1201 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa un deslizamiento de tipo rotacional en estado latente, de pequeña magnitud. El material deslizado es matriz y litológicamente, tiene gravas, arenas y limos. Se observa una deformación en el terreno de severidad media. Se encuentra sobre un relieve colinado muy alto de pendiente fuerte y longitud de vertiente moderada. Como principales causas de ocurrencia se señala al tipo de material, la pendiente favorable y la longitud de vertiente. Las precipitaciones son el principal detonante. El grado de amenaza considerado es medio.

Fotografía No. 37 Deslizamiento. Sector H. Bomba Cahua. 2013.



Sector San Nicolás

Localización

- Coord X: 720047 m
- Coord Y: 9 770953 m
- Altura: 1065 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa caída de rocas en estado latente, se considera de magnitud pequeño y el material removido es principalmente roca. Litológicamente corresponde a andesitas. Las principales causas para la ocurrencia son: el material diaclasado, la pendiente favorable y la morfología. Afecta a las vías de comunicación y su grado de amenaza bajo.

Fotografía No. 38 Caída de rocas. Sector San Nicolás. 2013.



Sector Los Santiagos

Localización

- Coord X: 723964 m
- Coord Y: 9769092 m
- Altura: 1066 msnm

Características del Movimiento

Se observa un deslizamiento, actualmente estabilizado, que ha tenido ocurrencia histórica y ha generado grandes pérdidas para el cantón, como la afectación a la vía Pallatanga - Bucay. Su magnitud es considerada como grande. En el deslizamiento existe una cuneta de coronación, construida para impedir la filtración de las aguas superficiales, la misma que no tiene un mantenimiento adecuado. Se observan bermas para estabilizar el talud. El material deslizado corresponde a arcillas de color rojo, bloques y gravas, de andesita basáltica y lutitas negras. El sector tiene una pendiente fuerte, considerándose como principal causa de ocurrencia el tipo de material meteorizado, plástico y débil. Su detonante es la precipitación. El grado de amenaza para este proceso es medio (Anexo No.11).

Fotografía No. 39 Deslizamiento sector Los Santiagos I. 2013.



Sector El Citado

Localización

- Coord X: 725087 m
- Coord Y: 9766716 m
- Altura: 1254 msnm

Características del movimiento

El tipo de evento existente en el sector es la caída en estado relicto. Se observa material coluvial a lo largo de la vía, lo que constituye un peligro potencial para las viviendas ubicadas al pie. El material corresponde a bloques de la unidad Pallatanga. Este deslizamiento se encuentra sobre la geoforma relieve montañoso, con pendiente fuerte. Las principales causas se atribuyen a la pendiente favorable, la morfología, la longitud de vertiente y el material colapsible. El grado de afectación considerado para este FRM es bajo.

Sector San Francisco

Localización

- Coord X: 726016 m
- Coord Y: 9769992 m
- Altura: 1449 msnm

Características del movimiento

En el sector existe un deslizamiento en estado relicto, de magnitud pequeña y el material deslizado corresponde a bloques, gravas, y arcillas. Se encuentra sobre la geoforma coluvión antiguo (can), que posee pendiente fuerte y longitud de vertiente moderada. Las principales causas son: material no consolidado, meteorizado, pendiente favorable, longitud de vertiente. Su principal detonante son las lluvias y su grado de amenaza considerado es bajo.

Sector Vía Jaluví

Localización

- Coord X: 730941 m
- Coord Y: 9773433 m
- Altura: 2239 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa material deslizado, producto de un deslizamiento en estado relicto, la apertura de la vía ocasiona la pérdida del estado de equilibrio lo que afecta la estabilidad del talud, el depósito está formado por bloques métricos y gravas en una matriz arcillo limosa. La principal causa para la ocurrencia de este fenómeno es el tipo de material, la pendiente favorable y el material fallado y meteorizado. Afecta directamente a las vías de comunicación y el grado de amenaza es medio.

Fotografía No. 40 Material coluvial. Sector Vía Jaluví. 2013.



Sector Palmital de Asocoto

Localización

- Coord X: 730090 m
- Coord Y: 9775745 m
- Altura: 2310 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa un FRM combinado, deslizamiento, tipo rotacional, en estado activo de magnitud grande. Al momento se han tomado medidas de control, instalando un sistema de alerta temprana y desalojando la vivienda que se encuentra en la parte afectada. El material del depósito corresponde a gravas, arenas y limos, existe una deformación en el terreno de severidad media. Este deslizamiento se encuentra sobre un relieve montañoso de pendiente fuerte.

No existe presencia de agua en el talud. Las causas para la ocurrencia de este fenómeno corresponden al material fallado, fisurado y agrietado, la pendiente favorable, la longitud de la vertiente y la morfología. Entre los detonantes están las lluvias y el aspecto estructural presente en la zona. Entre los daños provocados están algunas viviendas destruidas y vías de comunicación afectadas. El grado de amenaza considerado es alto.

Como segundo evento se tiene un flujo canalizado ubicado al pie del deslizamiento. Los efectos negativos provocados están los daños en vías de comunicación, represamiento del río e inundación de los poblados de El Pedregal, es un deslizamiento que tiene alrededor de 6 meses y ya ha causado daños (Anexo No. 12).

Área: 32275,87 m², Largo: 320 m Ancho: 144.5 m

Sector Marcupamba

Localización

- Coord X: 729264
- Coord Y: 9773221 m
- Altura: 1939 msnm

Características del movimiento

Se observa un flujo de pequeña magnitud en estado latente que se origina en el deslizamiento de Jaluví, el depósito está formado por bloques, gravas y limos. La principal causa está en el material fallado, fisurado y agrietado. Como principal detonante se

atribuye a las lluvias y los daños se evidencian en vías y centros poblados, además de la afectación a la actividad económica. El grado de amenaza es medio.

Sector Santa Isabel - Jaluví

Localización

- Coord X: 729199
- Coord Y: 9771769 m
- Altura: 2356 msnm

Características del movimiento

Se observa un deslizamiento de tipo combinado, en estado activo, de gran magnitud. Se ha instalado un sistema de alerta temprana, el material del depósito corresponde a roca y matriz, principalmente bloques, gravas, arenas, limos y gravas volcánicas. Entre las principales causas para que se produzca este fenómeno están: lineamientos. Se observa una zona con control estructural, fenómenos de reptación, grietas por donde escurre el agua de escorrentía, además de estructuras con dirección N 300 E. El deslizamiento actúan en un inicio de forma rotacional, y mientras avanza se desliza traslacionalmente. Este puede ser el origen de grandes avalanchas, de las que no hay datos históricos, aunque geológicamente se tiene bloques al pie, sobre las terrazas, formando pequeñas colinas. La dirección preferencial es NO-SE. Las obras afectadas son las viviendas que se encuentran en la zona inestable y la vía de acceso a comunidades aledañas (Anexo No. 13).

Fotografía No. 41 Escarpe de deslizamiento. Sector Jaluví Santa Isabel. 2013.



Sector: H. Los Llanos

Localización

- Coord X: 725242
- Coord Y: 9774065 m
- Altura: 1520 msnm

Características del movimiento

El deslizamiento que se observa es de tipo rotacional en estado latente y de magnitud mediana. Hasta el momento no existen medidas de prevención. El tipo de material deslizado corresponde a gravas, arenas y limos, se aloja sobre la unidad geomorfológica relieve montañoso de pendiente muy fuerte, con una longitud de vertiente larga. Las principales causas de este fenómeno son: el tipo de material fallado, fisurado y agrietado. El grado de amenaza es considerado como bajo, porque no afecta a centros poblados o vías; pero si fuera de gran magnitud podría causar el represamiento del río Salsipuedes.

Fotografía No. 42. Deslizamiento. Sector H. Los Llanos. 2013.



Sector Ayazamba

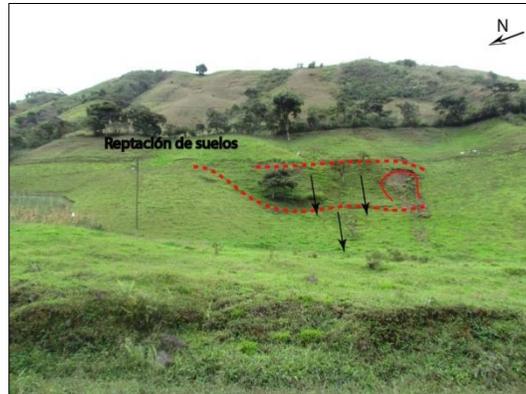
Localización

- Coord X: 725085 m
- Coord Y: 9779214 m
- Altura: 1571 msnm

Características del movimiento

En el sector se observa reptación de suelos en estado latente. Debido a la incontrolada actividad agrícola y ganadera. Como principal detonante están las lluvias y la actividad antrópica.

Fotografía No. 43 Reptaciones del terreno. Sector Ayazamba. 2013.



Sector Los Santiagos (II)

Localización

- Coord X: 724491 m
- Coord Y: 9770334 m
- Altura: 1400 msnm

Características del movimiento

Es un deslizamiento de tipo traslacional, ubicado a 250 m del poblado Los Santiagos, en cuya parte superior se evidencia un canal de riego que se vería afectado. El cuerpo del deslizamiento corresponde a un área pantanosa que mide 50.288 m². (348 m de largo por 277 m de ancho). Se puede observar deformaciones en el cuerpo del deslizamiento.

Las características morfodinámicas (presencia de juntas de tracción en la corona) permiten establecer que este es un deslizamiento activo.

Al aumentar la precipitación durante la época lluviosa, podría originar un flujo y afectar las viviendas del sector Los Santiagos (Anexo No. 11).

Fotografía No. 44 Deslizamiento. Sector Los Santiagos II. 2013.



Fotografía No. 45 Sistema de alerta temprana. Sector deslizamiento Los Santiagos II. 2013.



Sector Vía Pallatanga

Localización

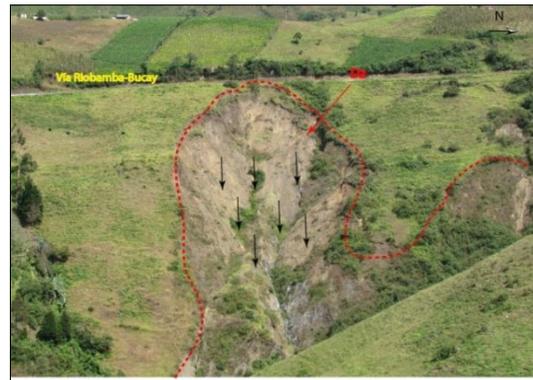
- Coord X: 725727 m
- Coord Y: 9784216 m
- Altura: 2297 msnm

Características del movimiento

Se caracteriza por un deslizamiento tipo rotacional en estado activo, de mediana magnitud. Entre los principales causantes de la inestabilidad están la composición del

material, el material fisurado, fallado, agrietado y meteorizado. Como agente detonante se tiene a las lluvias y afecta a las vías de comunicación.

Fotografía No. 46 Deslizamiento. Sector vía Riobamba-Bucay. 2013.



Sector Ayazamba

Localización

- Coord X: 725727 m
- Coord Y: 9779241 m
- Altura: 1651 msnm

Características del movimiento

Es un deslizamiento rotacional de tipo activo, ubicado sobre la geoforma relieve colinado muy alto de pendiente fuerte y vertiente moderada. Al momento no existen medidas de control. La presencia de agua provoca la inestabilidad del terreno, lo que puede afectar a centros poblados, infraestructura y actividades económicas. El peligro es alto.

En base a las observaciones de campo y los factores condicionantes y detonantes analizados, se puede decir que el deslizamiento podría afectar a viviendas y sembríos, pero si llegara a transformarse en un flujo de escombros afectaría también a las viviendas ubicadas en los márgenes de la zona de desfogue de la quebrada, a la vía principal y

al canal de agua de regadío y dependiendo de la magnitud también podría afectar las instalaciones del centro de salud.

Fotografía No. 47 Deslizamiento rotacional. Sector Ayazamba. 2013.



Sector Río Wichiche

Localización

- Coord X: 726484 m
- Coord Y: 9779084 m
- Altura: 1531 msnm

Características del movimiento

Inundación en estado latente. Actualmente existen medidas de control como un dispositivo para medir el caudal y una sirena para alertar en caso de inundaciones. Se encuentra sobre una terraza baja y en caso de ocurrir este evento se afectarían las viviendas de alrededor de 15 familias. Como principal detonante está las lluvias. El grado de amenaza es alto.

Fotografía No. 48 Sector río Wichiche. 2013.



4.5. Mapa de pendientes

El cantón Pallatanga se ubica sobre un relieve accidentado e irregular, presenta, en la parte oriental y occidental, pendientes fuertes a muy fuertes, de 40-100%, mientras que en la parte central presenta zonas planas o casi planas, donde se encuentra la microcuenca del río Salsipuedes.

De acuerdo al análisis en el mapa de pendientes y en base a la Tabla No. 1 de clasificación de pendientes, se ha determinado que del total del área de estudio (379 km²) el 16.31 % de la superficie del terreno presenta una pendiente fuerte. El 15.47% del área total corresponde a una pendiente media a fuerte. El 13.74 % de la superficie total a una pendiente muy fuerte. El 13.39% a una pendiente media; el 11.69 % de la superficie del terreno corresponde a una pendiente suave, el 10.22% del área total corresponde a una pendiente muy suave, el 12.3% a una pendiente en el rango de escarpa a abrupta y el 6.82 % de la superficie del terreno corresponde a una pendiente plana (Anexo No. 14).

4.6. Litología y estructuras presentes en el cantón

En el cantón se encuentra la falla Cañi, que divide la unidad Macuchi de la formación Apagua, tiene una dirección NO-SE. El sistema de fallas Pallatanga, tiene un dirección NE-SO separan la unidad Macuchi de las formaciones Pallatanga y Yunguilla.

De acuerdo a la fotointerpretación se evidencian lineamientos en sentido NE-SO, que cortan transversalmente las formaciones Pallatanga y Yunguilla (Anexo No. 15).

4.7. Descripción de muestras de roca

Descripción macroscópica

1) Muestra: Mp-02-09

1. Textura: Porfidítica
2. Minerales y propiedades físicas:

a. Vidrio volcánico: forma anhedral, transparente, fractura concoidea, mala exfoliación, dureza media, brillo vítreo, tamaño <1 mm, textura irregular.

b. Clorita: color verde, forma subhedral, hojoso.

c. Anfíbol: color verde oscuro, forma subhedral, dureza 6, brillo vítreo, fractura astillosa, hábito columnar alargado, tamaño < 1mm.

d. Magnetita: color negro, brillo metálico, hábito granular- prismático, dureza 6, magnético

e. Piroxeno: color oscuro, forma subhedral, hábito prismático- hexagonal, brillo vítreo, dureza 6

f. Calcopirita: color amarillo latón, hábito granular, raya negra, dureza 6, brillo metálico, tamaño micrométrico.

3. Porcentaje de minerales:

- 47% Vidrio volcánico
- 25% Clorita
- 15% Anfíbol
- 8% Magnetita
- 3% Piroxeno
- 2% Calcopirita

4. Paragénesis:

a. Vidrio volcánico, anfíbol, magnetita calcopirita

5. Alteración:

a. Cloritización

b. Minerales ferromagnesianos

6. Deformación:

Ninguna

7. Nombre de la roca:

Andesita

8. Petrología:

Roca básica extrusiva, originada de magma fluido básico, rico en minerales ferromagnesianos. Formación Macuchi.

9. Gráfico:

Fotografía No. 49 Andesita basáltica.



Descripción microscópica

1. Código: MP – 02 - 09

2. Textura: Holocristalina

3. Contenido:

Vidrio volcánico 30% Plagioclasa 30% Anfíbol 15%

Clorita 5% Cuarzo 5% Opacos 5%

4. Características ópticas:

a. Vidrio volcánico: incoloro grisáceo en luz natural, amorfo, anhedral, relieve moderado, mala exfoliación, no tiene pleocroísmo, mineral isótropo.

b. Plagioclasa: incoloro en luz natural, forma euhedral-subhedral, tamaño < 1 mm, plagioclasas como matriz y fenocristales, clivaje en una dirección, bordes limpios, birrefringencia de primer orden.

c. Anfíbol: hábito tabular, verdoso castaño en luz natural, alto relieve, pleocroísmo moderado a alto, extinción paralela, birrefringencia de primer orden.

d. Clorita: color verde claro en luz natural, laminar subhedral, extinción paralela, débil birrefringencia de primer orden

e. Cuarzo: incoloro en luz natural, forma anhedral, mala exfoliación, bajo relieve, extinción paralela, sin pleocroísmo, birrefringencia de primer orden.

f. Opacos: minerales isótropos, color negro brillante en luz natural y luz polarizada, posiblemente metálicos.

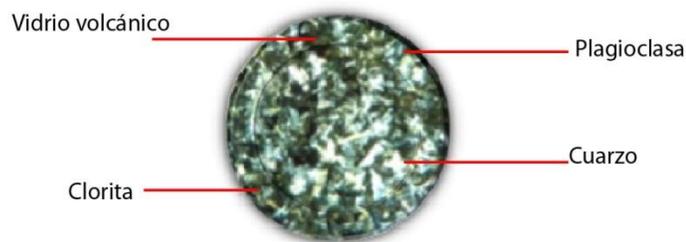
5. Deformación: ninguna

6. Alteración: Argilitización y cloritización

7. Nombre de la roca: Andesita basáltica

8. Petrología: Roca básica extrusiva de magma fluido básico.

9. Gráfico:



Descripción macroscópica

2) Muestra: Mp-08-17

1. Textura: Porfidítica de grano media a fino

2. Minerales y propiedades físicas:

a. Vidrio volcánico: formando la matriz, anhedral, transparente, fractura concoidea, mala exfoliación, dureza media, brillo vítreo, tamaño <1 mm, textura irregular.

b. Plagioclasa: euhedral, color blanco, brillo vítreo, hábito tabular alargado, dureza 6, fractura plana, tamaño 0,5-2mm.

c. Clorita: color verde, dureza 2, brillo vítreo, anhedral, hojoso, tamaño < 1mm.

d. Cuarzo: forma anhedral, transparente blanquecino, fractura irregular, alta dureza, brillo vítreo, tamaño 1-2 mm.

3. Porcentaje de minerales:

Matriz:

- 37% Vidrio volcánico
- Fenocristales:
- 30% Plagioclasa
- 25% Clorita
- 8% Cuarzo

4. Paragénesis:

a. Vidrio volcánico, Plagioclasa, Cuarzo, Magnetita. b. Clorita.

5. Alteración:

a. Cloritización

6. Deformación:

Ninguna

7. Nombre de la roca:

Andesita

8. Petrología:

Roca intermedia ígnea extrusiva, proveniente de magma moderadamente fluido, de profundidad media. Grupo Saraguro.

9. Gráfico:

Fotografía No. 50 Andesita.



Descripción macroscópica

3) Muestra: Mp-01-02

1. Textura: Porfidítica
2. Minerales y propiedades físicas:
 - a. Vidrio volcánico: formando la matriz, anhedral, transparente, fractura concoidea, mala exfoliación, dureza media, brillo vítreo, tamaño <1 mm, textura irregular.
 - b. Plagioclasa: euhedral, color blanco, bordes limpios, brillo vítreo, hábito tabular alargado, dureza 6, fractura plana, tamaño < 1mm.
 - c. Clorita: color verde, dureza 2, brillo vítreo, anhedral, hojoso, tamaño < 1mm.
 - d. Magnetita: esporádica de color negro, brillo metálico, hábito granular-prismático, dureza 6, magnético, tamaño < 0,5 mm.
 - e. Cuarzo: forma anhedral, transparente blanquecino, fractura irregular, alta dureza, brillo vítreo, tamaño 1-2 mm.
 - f. Pirita: color amarillo, cúbica, raya negra, dureza 6, brillo metálico, tamaño micrométrico.
 - g. Anfíbol: color verde oscuro, forma subhedral, borde alterados, dureza 6, brillo vítreo, fractura astillosa, hábito columnar alargado, tamaño < 1mm.

3. Porcentaje de minerales:

- 38% Vidrio volcánico
- 27% Clorita
- 9% Anfíbol
- 10% Cuarzo
- 8% Plagioclasa
- 5% Pirita
- 3% Magnetita

4. Paragénesis:

- a. Vidrio volcánico, Anfíbol, Cuarzo, Plagioclasa, Magnetita, Pirita.
- b. Clorita, vetillas de Cuarzo.

5. Alteración:

a. Cloritización: de baja a media concentración debido a alteración de minerales máficos.

6. Deformación:

Ninguna

7. Nombre de la roca:

Basalto

8. Petrología:

Roca básica originada de magma fluido básico rico en minerales ferromagnesianos. Unidad

Pallatanga.

9. Gráfico:

Fotografía No. 51 Basalto.



Descripción microscópica

1. Código: MP-01-02

2. Textura: Holocristalina

3. Contenido: Plagioclasa 50% Olivino 20% Clinopiroxeno 15% Clorita 10%

Anfíbol 3% Opacos 2%

4. Características ópticas:

a. Plagioclasa: incoloro en luz natural, un solo clivaje, relieve moderado, forma euhedral, sin pleocroismo, extinción inclinada, birrefringencia de primer orden, color blanco-gris, maclado fino.

b. Olivino: alto relieve, sin pleocroismo, birrefringencia de segundo orden, tamaño < 1/2 mm, imperfecta exfoliación.

c. Clinopiroxeno: verdoso claro en luz natural, bandeado, prismáticos subhedrales, alto relieve, sin pleocroismo, fuerte birrefringencia de segundo orden.

d. Clorita: mineral secundario de color verde claro en luz natural, laminar subhedral, extinción paralela, débil birrefringencia de primer orden.

e. Anfíbol: color castaño pardo en luz natural, forma tabular, alto relieve, tamaño < 1/2 mm, pleocroismo moderado, extinción inclinada, birrefringencia moderada.

f. Opacos: minerales isótropos, color negro brillante en luz natural y luz polarizada, posiblemente metálicos.

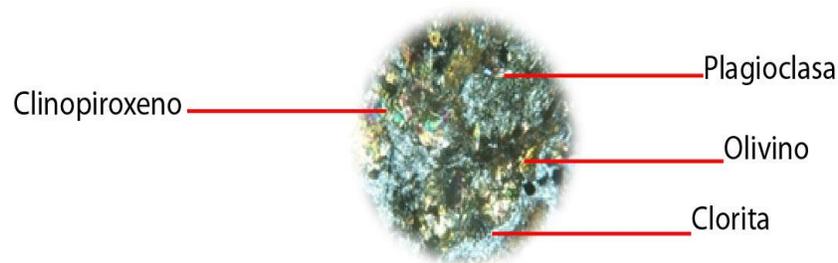
5. Deformación: Ninguna.

6. Alteración: Cloritización.

7. Nombre de la roca: Basalto.

8. Petrología: Roca básica.

9. Gráfico:



Descripción macroscópica

4) Muestra: Mp-02-22

1. Textura: Clástica consolidada
2. Contenido Mineralógico:
 - a. Cemento: 30% sílice
 - b. Clastos: 70%
3. Propiedades detríticas:

a. Clastos máficos: clastos de rocas básicas (roca de caja), tamaño milimétrico a decimétrico, mala esfericidad y mal sorteo, clastos angulosos a subangulosos.

b. Cuarzo: amorfo, irregular, transparente- blanquecino, fractura irregular, dureza 7, brillo vítreo.

4. Estructura:

Masiva

5. Características:

Roca volcanoclástica polimíctica, muy consolidada, originada en un ambiente de Arco de Islas, roca con mínima capacidad de absorción de agua y baja porosidad.

Formación Macuchi.

6. Nombre de la roca:

Brecha volcánica

Fotografía No. 52 Brecha volcánica.



Descripción microscópica

1. Código: MP-02-22

2. Textura: Hipocristalina y Holocristalina (clastos)

3. Contenido:

a. Cemento (Sílice) 30%

b. Clastos (dos tipos) 70%

Clastos de tipo 1

Plagioclasa 40% Vidrio volcánico 30% Anfíbol: 25%

Clorita: 5%

Clastos de tipo 2

Anfíbol 40% Cuarzo 30% Clorita 20%

Clinopiroxeno: 8% Opacos 2%

4. Características ópticas

a. Plagioclasa: incoloro en luz natural, birrefringencia de primer orden, forma subhedral a euhedral, extinción inclinada, clivaje en una dirección, relieve moderado, no tiene pleocloismo.

b. Vidrio volcánico: incoloro a gris en luz natural, amorfo, relieve moderado, mala exfoliación, sin pleocroismo, negro en luz polarizada, isótropo.

c. Anfíbol: color castaño en luz natural, tamaño < 1/2 mm clivaje en dos direcciones, forma alargada, birrefringencia de segundo orden y relieve alto.

d. Clorita: color verde claro bajo luz natural, relieve moderado, laminar, débil birrefringencia de primer orden.

e. Cuarzo: incoloro en luz natural, forma anhedral, mala exfoliación, bajo relieve, extinción paralela, sin pleocroísmo, birrefringencia de primer orden.

f. Clinopiroxeno: verdoso claro en luz natural, bandeado, prismáticos subhedrales, alto relieve, sin pleocroismo, fuerte birrefringencia de segundo orden.

g. Opacos: minerales isótropos, color negro brillante en luz natural y luz polarizada, posiblemente metálicos.

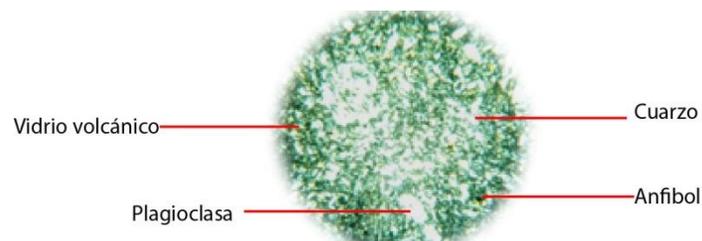
5. Deformación: Ninguna

6. Alteración: Cloritización

7. Nombre de la roca: Brecha volcánica

8. Petrología: Roca básica de magma fluido, de origen volcanoclástico.

9. Gráfico:



Descripción macroscópica

5) Muestra: Mp-05-13

1. Textura: Afanítica
2. Minerales y propiedades físicas:
 - a. Vidrio volcánico: formando la matriz, anhedral, transparente, fractura concoidea, mala exfoliación, dureza media, brillo vítreo, tamaño <1 mm, textura irregular.
 - b. Plagioclasa: forma subhedral y euhedral, color blanco, bordes limpios, brillo vítreo, hábito tabular alargado, dureza 6, fractura plana, tamaño < 1-2 mm.
 - c. Cuarzo: forma anhedral, transparente blanquecino, fractura irregular, dureza 7, brillo vítreo, tamaño < 1 mm y vetillas (caótico) de tamaño de 1-2 mm
 - d. Pirita: color amarillo, cúbica y granular, raya negra, dureza 6, brillo metálico, tamaño micrométrico muy esporádico.
3. Porcentaje de minerales:
 - 60% Vidrio volcánico
 - 24% Cuarzo
 - 15% Plagioclasa
 - 1% Pirita
4. Paragénesis:
 - c. Cuarzo, Plagioclasa, Pirita.
 - d. Cuarzo vetillas post magmáticas.
5. Alteración:

Ninguna
6. Deformación:

Ninguna
7. Nombre de la roca:

Andesita
8. Petrología:

Roca extrusiva de lava ácida. Formación Cisarán.

9. Gráfico:

Fotografía No. 53 Andesita



4.8. Susceptibilidad de los fenómenos remoción en masa mediante el método clásico de Brabb

Para este método se consideró el mapa de pendientes, clasificado en grados, de tres rangos <150 , 150 a 450 y >450 , que luego del procesamiento se obtuvo: el mayor porcentaje de área deslizada tiene un rango de pendiente > 150 , 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 > 450 , existe un menor porcentaje de área deslizada, tomando un valor ponderado de 1 (Anexo No. 16).

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 No. 60 Litología ponderada (método Brabb).

Tipo de Litología	Valor ponderado
Basaltos, tobas, areniscas volcánicas, lavas en almohadillas. (unidad Pallatanga)	1

Tipo de Litología	Valor ponderado
Limolitas masivas gris oscuras, lutitas fisiles, intensamente deformadas. (Formación Yunguilla)	2
Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas y tobas volcánicas. (unidad Macuchi)	1
Secuencia silisiclástica 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 volcanoclásticos 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

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

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:

Grado de amenaza	Superficie (ha)	Superficie (%)
Alto	656	2
Medio	10603	28
Bajo	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 (Anexo No. 17).

4.9. 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 (Anexo No. 18 y Anexo No. 19).

4.10. 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 (Anexo No. 20).

Tabla No. 61 Magnitud ponderada.

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

Elaborado por: Nataly Pavón, Oscar Garzón.

4.11. 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 No. 62 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
-----------------------------	----------

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 las 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 (Anexo No. 21).

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 No. 63 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
-----------------------------	----------

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 fósiles 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 (Anexo No. 22).

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 No. 64 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
-----------------------------	----------

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 (Anexo No. 23).

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 No. 65 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
-----------------------------	----------

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 físis 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 Ensillado 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 (Anexo No. 24).

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En el cantón Pallatanga existen cuatro unidades ambientales o fisiográficas:

Cimas frías de las cordilleras heredadas de formas paleoglaciares, relieves de los márgenes de las cimas frías, vertientes externas de la cordillera occidental y medio aluvial.

- La unidad cimas frías de las cordilleras heredadas de formas paleoglaciares ubicada al este del cantón Pallatanga, ocupa una superficie de 3034,80 ha que corresponden al 7,95 % de la superficie intervenida.
- Relieves de los márgenes de las cimas frías, es una unidad ambiental que ocupa una superficie de 6818,97 ha, representando el 17,86 % de la superficie total del cantón Pallatanga.
- La unidad ambiental con mayor extensión dentro del cantón Pallatanga se denomina vertientes externas de la Cordillera Occidental con 72% de la superficie total con 27486,68 ha, localizada de este a oeste.
- El medio aluvial ocupa 832,81 ha, correspondiente al 2,18 % de la superficie del cantón o Pallatanga.
- En el cantón Pallatanga existen 24 FRM, entre activos, relictos, latentes y estabilizados, ubicados principalmente en la parte central y sur oriental del cantón; deslizamientos, asociados a la formación Yunguilla y Apagua, caídas asociadas a la formación Macuchi, flujos asociados a la formación Yunguilla y reptaciones asociadas a la formación Apagua.
- Existen 6 FRM con alto grado de amenaza, que han causado daños a vidas humanas, infraestructura y cultivos; uno de ellos ocurre en el sector La Cruz. Este deslizamiento es de tipo combinado.
- Deslizamiento rotacional y un flujo de detritos al pie ubicado en el sector de Jaluví Santa Isabel.
- Deslizamiento de tipo traslacional ubicado en el sector Los Santiagos(II), presenta juntas de tracción en la corona lo que indica actividad.
- En el sector Los Santiagos(I) existe un deslizamiento actualmente estabilizado.

- En el cantón Pallatanga se encuentran estructuras con dirección preferencial NE-SO, y estructuras menores con dirección NO-SE.
- La precipitación media mensual en el meses más lluviosos corresponde a 190 mm.
- En el sector la sismicidad, constituye un factor detonante potencial.
- El factor detonante principal para la ocurrencia de FRM, según datos históricos de eventos adversos ocurridos en el cantón, corresponde a la precipitación, agravando las condiciones de inestabilidad, originando cambios en el comportamiento mecánico de los depósitos superficiales y del macizo rocoso.
- Según la metodología de Mora Varhson modificado

El modelo de amenazas para deslizamientos presenta:

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.

El modelo de amenazas para caídas presenta:

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 físis intensamente deformadas.

El modelo de amenazas para flujos presenta:

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.

El modelo de amenazas para reptación presenta:

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 o 70%.

- 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.
- 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.

5.2. Recomendaciones

- 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.
- Realizar estudios de uso de suelos a escala detallada para obtener mejor información de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de los FRM.
- Trabajar de manera conjunta con todas las instituciones responsables de la gestión de riesgos, ordenamiento territorial y de investigación; para poder generar información que sea útil para las comunidades asentadas en zonas susceptibles a la ocurrencia de FRM.

- Implementar medidas de mitigación, como sistemas de alerta temprana en las zonas consideradas con un alto grado de amenaza.

Capítulo VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1 Referencias bibliográficas

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *limnetica*, 28(1), 035-64.14-45.
- Aillón, A. (2010). Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, planes de prevención y mitigación en los cantones Cañar, Suscal y El Tambo. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Albán, L. (2005). Zonificación de la amenaza por deslizamientos por el método de Mora-Vahrson en Tosagua, provincia de Manabi. Quito: Facultad de Ingeniería Geológica, EPN.
- Albán, L. (2009). Estudio geológico-geomorfológico del área inestable entre 2 30 S y 2 35 S - Provincia del Cañar. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos.
- Altschul, A. M., Yatsu, L. Y., Ory, R. L., & Engleman, E. M. (1966). Seed proteins. *Annual Review of Plant Physiology*, 17(1), 113-136.
- Andrade, X., & Cabrera, F. (2013). Base conceptual geomorfología. Quito.
- Baiza, S., Laurence, A. W., & Alvarado, A. P. (2011). First paleoseismic evidences in Ecuador: The Pallatanga Fault Record. *INQUA Paleoseismology and Active Tectonics*, 3-6.
- Calahorrano, F. (2010). La generación de movimientos en masa en las estribaciones de cordilleranas provincia de Chimborazo, Quimtag- sector Tumba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Cartaya, S., Henry, P., & Méndez, W. (2008). Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en cuencas de drenaje del estado Vargas, Venezuela. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Instituto Pedagógico de Caracas, 161-188.

- Castiblanco, D. (2011). Evaluación de amenazas por deslizamientos con base en mapas de geología y geomorfología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Facultad de Ingeniería.
- Cevallos, V. (14 de Julio de 2009). El Universo. Obtenido de El Universo: <http://www.eluniverso.com/>
- Chicangana, G. (s.f.). La zona de fallas de Romeral: Una zona de subducción extinta deformada y cizallada que sirve de contacto entre una litosfera oceánica y una continental en el norte de Suramérica. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Postgrado Geología.
- CODIGEM. (1997). Mapa Geologico de la Cordillera Occidental de Ecuador entre 3°-4° S, Escala 1: 200· 000.
- Condoy, D., & Loja, J. (2010). Zonificación de amenazas geológicas por deslizamientos en el barrio Santa Elena del cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Correa, C. (2007). Análisis de la susceptibilidad de los fenómenos de remoción en masa de la carretera Loja-Zamora. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería.
- Corredor, F. (2003). Seismic strain rates and distributed continental deformations in the northern Andes and three-dimensional seismotectonics of northwestern South America. Massachusetts: Elsevier.
- Crozier, I. G., Nicholls, M. G., Ikram, H. A. M. I. D., Espiner, E. A., Yandle, T. G., & Jans, S. I. E. G. F. R. I. E. D. (1986). Atrial natriuretic peptide in humans. Production and clearance by various tissues. *Hypertension*, 8(6_pt_2), 1111.
- Cruden, D. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of Engineering Geology & the Environment*, 43(1).

- Cruden, D. M. (1996). Cruden, dm, varnes, dj, 1996, landslide types and processes, transportation research board, us national academy of sciences, special report, 247: 36-75. Transp Res Board, 247, 36-57.
- del INAMHÍ, A. M. (2008). SIG-AGRO Ministerio de Agricultura y Ganadería Quito-Ecuador. Disponible en.
- Dunkley, N., & Gaibor, A. (1997). Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 2-3 S. Escala 1:200.000. Quito: CODIGEM-BGS.
- Dunkley, P., & Gaibor, A. (1997). Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 2 and 3 S. Quito: CODIGEM-BGS.
- Duque, P. (2000). Breve léxico estratigráfico del Ecuador. Quito: UCP PRODEMİNCA.
- Egred, J. (2000). El terremoto de Riobamba. Quito: Ediciones Abya-Ayala.
- Estrella, G. (2011). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Estrella, G., & Segovia, G. (2011). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Evans, S. G., Hungr, O., & Clague, J. J. (2001). Dynamics of the 1984 rock avalanche and associated distal debris flow on Mount Cayley, British Columbia, Canada; implications for landslide hazard assessment on dissected volcanoes. *Engineering Geology*, 61(1), 29-51.
- Fiorini, E., & Tíbladi, A. (2011). Quaternary tectonics in the central Interandean Valley, Ecuador: Fault propagation folds, transfer faults and the Cotopaxi volcano. *Global and Planetary Change*, 1-17.
- Fox Jr, R. O., & Richards, F. M. (1982). A voltage-gated ion channel model inferred from the crystal structure of alamethicin at 1.5-Å resolution. *Nature*, 300(5890), 325-330.

- Froilán, V. (2010). Determinación de la susceptibilidad de movimientos en masa, mediante un análisis comparativo entre el método modificado y el método clásico de Brabb, en las micro cuencas de los ríos Vascún y Ulba en Baños-Tungurahua. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Gutiérrez, V. (1989). Kartagener's syndrome. A case report. *Revista Cubana de Enfermería*, 5(1-2), 17-25.
- Gutiérrez, V. (1989). Kartagener's syndrome. A case report. *Revista Cubana de Enfermería*, 5(1-2), 17-25.
- Hutchinson, G. O. (1988). *Hellenistic poetry* (p. 197). Oxford: Clarendon Press.
- Hutchinson, J. W. (1968). Plastic stress and strain fields at a crack tip. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 16(5), 337-342.
- Ibadango, E. (2013). Informe técnico sobre la evaluación de la zona inestable en el sector Jaluvi-Santa Isabel cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo. Riobamba: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador.
- Ibadango, E. (2013). Informe técnico sobre la evaluación del sector Los Santiagos, cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo. Riobamba: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador.
- Ibadango, E. (2013). Metodología para la elaboración de mapas de susceptibilidad por procesos de movimientos en masa. Quito: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador.
- Instituto Espacial Ecuatoriano, Componente Geomorfología. (2012). Análisis de la amenaza por tipo de movimiento en masa. Quito.
- Instituto Espacial Ecuatoriano, Componente Geomorfología. (2012). Análisis de la amenaza por tipo de movimiento en masa. Quito.
- Instituto Espacial Ecuatoriano, Componente Geomorfología. (2012). Metodología geomorfología. Quito.

Instituto Espacial Ecuatoriano, Componente Geomorfología. (2012). Metodología geomorfología. Quito.

Lara, M., & Sepúlveda, S. (2008). Remociones en masa. Departamento de Geología U de Chile.

Lavenu, A. (14 de Diciembre de 2006). Scielo. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.ar/>

Manosalve Sáenz, G. (2002). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Mapa de fallas y pliegues cuaternarias del Ecuador y regiones oceánicas adyacentes escala: 1:250.000. (2003). USGS.

McCourt, J., & Duque, P. (1997). Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1-2 S. Escala 1:200.000. Quito: CODIG

Mejía, M. (2012). Zonificación de la amenaza por movimientos en masa en la microcuenca de Coaque, cantón Sucre, Manabí. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.

Merino, P. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.

Mora, E. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.

Mora, E., & Parra, C. (2001). Metodología para la zonificación de áreas inestables de los ríos Zamora y Chanchán, Chilla Bajo. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Morales, F. (2006). Evaluación y cartografía de la susceptibilidad a la remoción en masa del área de Jipijapa y parte de Chone. Quito: Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional.

- Mosquera, D., & Montenegro, L. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Méndez, S. (2011). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Navarro, P., & Perrotti, M. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Nocelotl, V. (2011). Estudio geológico y evaluación de amenazas por movimientos en masa en el área de Moromoro, Cantón Loja, Provincia de Loja. Quito: Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional.
- Orellana, C., & González, J. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Ortiz, J., & Arredondo, C. (2008). Evaluación de la amenaza por deslizamientos en la quebrada Monteverde, Cantón Ibarra, Imbabura. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pacheco, D., & Cáceres, J. (2012). Zonificación de la amenaza por movimientos en masa en la microcuenca de Coaque, cantón Sucre, Manabí. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Pallares, M. (2002). Evaluación de la amenaza por deslizamientos en la carretera Quito-Lago Agrio (Papallacta-Cayambe). Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería.
- Pallares, M., & Chiriboga, F. (2010). Zonificación de la amenaza por movimientos en masa en la microcuenca de Coaque, cantón Sucre, Manabí. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.

- Parra, C., & Auca, J. (2001). Metodología para la zonificación de áreas inestables de los ríos Zamora y Chanchán, Chilla Bajo. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Parra, C., & Yanez, V. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Pascual, F., & Calvache, M. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Patricio, G. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Peralta, A. (2004). Evaluación de la amenaza por deslizamientos en la quebrada Monteverde, Cantón Ibarra, Imbabura. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Peralta, A., & Puga, M. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Peralta, A., & Vera, D. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Pereira, R. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Peña, C., & Calvache, L. (2011). Evaluación de la amenaza por deslizamientos con base en mapas de geología y geomorfología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Facultad de Ingeniería.

- Peña, P., & Vásquez, H. (2003). Seismic hazard assessment of Quito, Ecuador using a probabilistic approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(5), 387-397.
- Pichisaca, J., & Merchán, M. (2011). Evaluación de la amenaza por deslizamientos con base en mapas de geología y geomorfología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Facultad de Ingeniería.
- Pinto, A., & Soria, M. (2003). Seismic hazard assessment of Quito, Ecuador using a probabilistic approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(5), 387-397.
- Plaza, M. (2004). Evaluación de la amenaza por deslizamientos en la quebrada Monteverde, Cantón Ibarra, Imbabura. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Plaza, M., & Pichisaca, J. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Plaza, M., & Vargas, L. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Porras, A. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Puga, M., & Sandoval, P. (2001). Metodología para la zonificación de áreas inestables de los ríos Zamora y Chanchán, Chilla Bajo. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Puga, M., & Vela, L. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Pulido, G., & Jiménez, F. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa

- Pérez, A., & Guerra, M. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Quito, A. (2003). Seismic hazard assessment of Quito, Ecuador using a probabilistic approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(5), 387-397.
- Ramírez, C., & Sánchez, A. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Ramírez, J. (2001). Metodología para la zonificación de áreas inestables de los ríos Zamora y Chanchán, Chilla Bajo. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ramírez, M. (2005). Evaluación preliminar de la amenaza y riesgo por movimientos en masa para la planificación urbana de la ciudad de Loja. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Ramírez, P., & Escobar, S. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Rangel, G., & Jiménez, F. (2013). Zonificación de las amenazas por fenómenos de remoción en masa y análisis de la vulnerabilidad de los servicios básicos cantón Riobamba. Quito: FIGEMPA, UCE.
- Recalde, S., & Cordero, P. (2011). Evaluación de la amenaza por deslizamientos con base en mapas de geología y geomorfología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Facultad de Ingeniería.
- Redín, C., & Cueva, S. (2003). Seismic hazard assessment of Quito, Ecuador using a probabilistic approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(5), 387-397.
- Suarez, J. (1998). Zonificación de susceptibilidad amenaza y riesgo.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*.

THALMANN HANS E., 1946, Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador, Amer. Assi Petrol. Geol., V, pgs

Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice (No. 3).

Ward, W. H. (1945). The stability of natural slopes. The Geographical Journal, 105(5/6), 170-191.

6.2 Webgrafía

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/33658/ColombiaCapII.pdf>, 2013-03-14, 14h15

<https://conhisremi.iuttol.edu.ve/pdf/ART1000105.pdf>, 2013-03-15, 15h26

<http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc15124/doc15124-2.pdf>, 2013-03-15, 18h54

<http://www.ahsud.com/castellano>, 2013-03-16, 09h05

<http://earthexplorer.usgs.gov>, 2013-03-16, 17h25

<http://www.cruzrojainstituto.edu.ec/Documentos/Ecuador.pdf>, 2013-03-17, 18h00

Capítulo VII

GLOSARIO TÉCNICO Y ANEXOS

7. GLOSARIO TÉCNICO Y ANEXOS

7.1 Glosario técnico

Amenaza

Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor.

Cabeza

La parte superior del deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Corona

El material prácticamente desplazado todavía en su lugar y junto a las partes más altas del escarpe principal.

Cuerpo

La parte del material desplazado del deslizamiento que recubre la superficie de la ruptura entre el escarpe principal y la superficie de la ruptura.

Daño

Alteración o pérdida causada por un evento adverso.

Deslizamiento

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante

Desastre

Alteraciones intensas de las personas, los bienes, los servicios y del medio ambiente, causadas por unos sucesos naturales o generados por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

Escala

Relación de tamaño (proporción), existente entre un objeto real y una imagen que lo represente.

Estabilización de deslizamientos de tierra

Medidas para prevenir el deslizamiento de tierra.

Escarpe menor

Una superficie escarpada en el material desplazado del deslizamiento producido por los movimientos diferenciales dentro del material desplazado.

Escarpe principal

Una superficie escarpada sobre el terreno inalterado en el borde superior del deslizamiento, causado por el movimiento del material desplazado lejos del terreno inalterado. Es la parte visible de la superficie de la ruptura.

Evaluación de la susceptibilidad

Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen.

Geomorfología

La ciencia que trata de la configuración general de la superficie de la Tierra, concretamente, el estudio de la clasificación, descripción, naturaleza, origen y desarrollo de formas terrestres y sus relaciones con las estructuras subyacentes, y la historia de los cambios geológicos registrados por las características de la superficie.

Mapas de inventario de frm

Inventarios que identifican las áreas que parecen haber fallado por los procesos de deslizamiento de tierras, incluidos los flujos de escombros.

Mapa de susceptibilidad a los deslizamientos

Este mapa va más allá de un mapa de inventario y muestra las áreas que tienen potencial de deslizamientos. Estas zonas se determinan mediante la correlación de algunos de los principales factores que contribuyen a deslizamientos, tales como laderas escarpadas, la debilidad de las unidades geológicas que pierden fuerza frente a la saturación, y pobre drenaje de roca o el suelo, con la distribución de los deslizamientos.

Pendiente

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación $m/1$, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

7.2. Anexos

Anexo No. 1 Cronograma de actividades.

Actividades	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero
Recopilación de información	X						
Fotointerpretación en Planar		X					
Salidas de campo			X	X			
Digitalización (elaboración de mapas)			X	X			
Algebra de mapas				X	X		
Análisis e interpretación de resultados						X	
Desarrollo de informe de tesis	X	X	X	X	X	X	
Revisión y correcciones						X	
Entrega de informe final							X

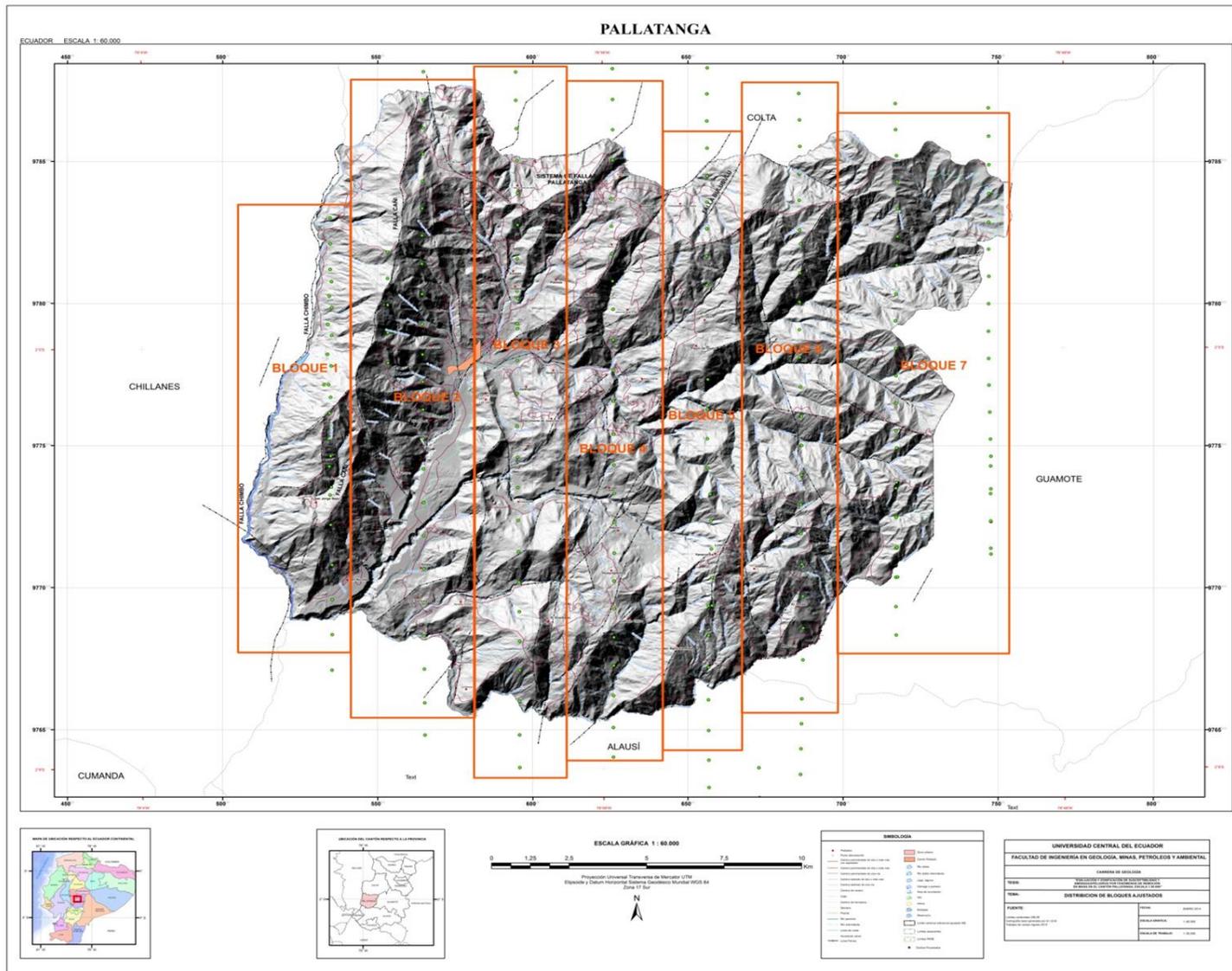
Anexo No. 2 Presupuesto.

Insumos	Costo (\$)
Hospedaje	400
Alimentación	360
Impresiones	25
Empastados	100
Láminas delgadas	350
Impresión de mapas	100
Total	1335

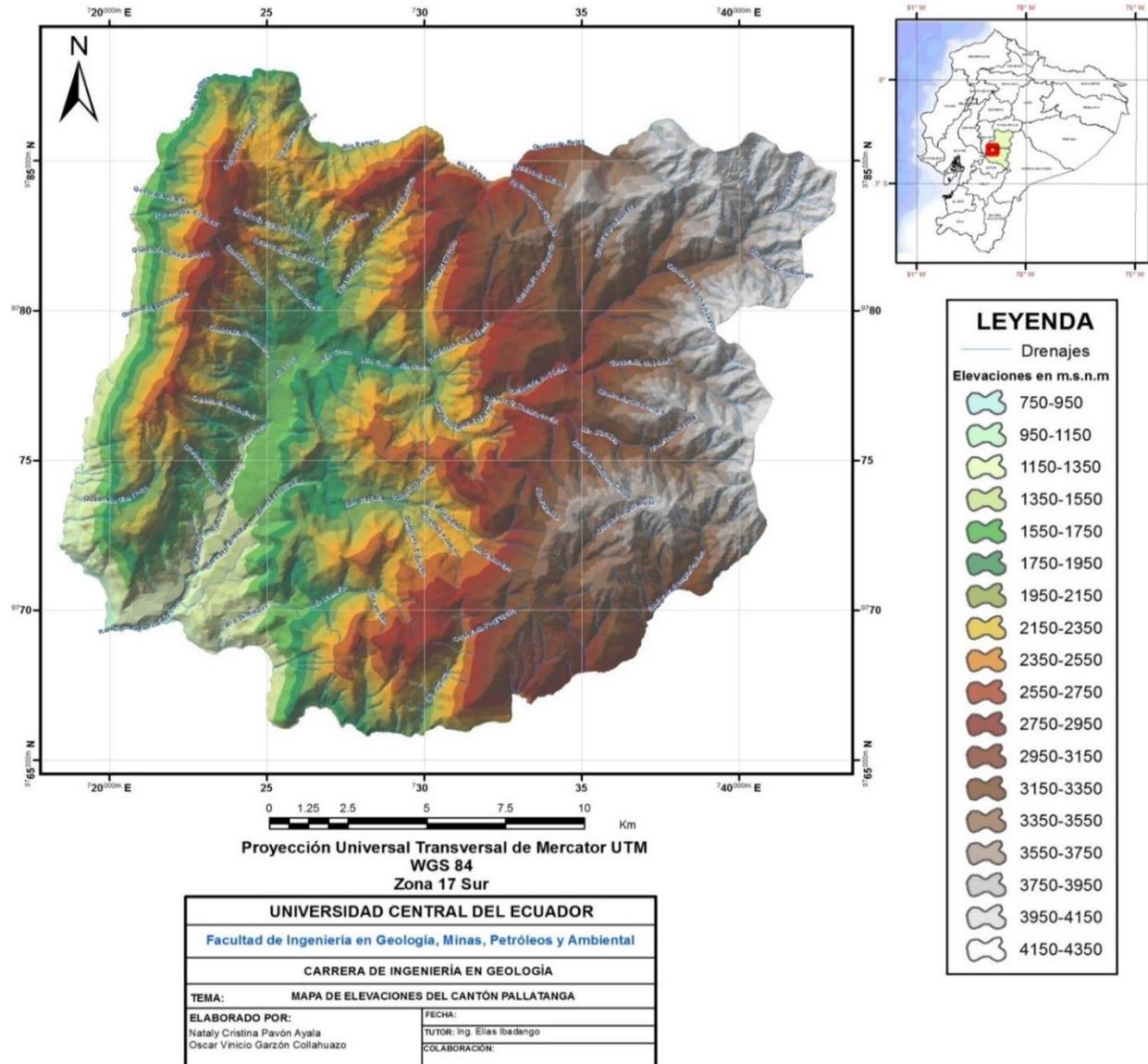
Anexo No. 3 Estaciones pluviométricas.

Estaciones	Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Cota	Institución	Promedio mensual del mes de máxima precipitación (mm)
M039	BUCAY	Referencia	9755827	707354	220	INAMHI	527,3
M130	CHILLANES	Dentro de la subcuenca	9781017	715025	2280	INAMHI	181,1
M131	SAN PABLO DE ATENAS	Referencia	9798537	714805	2348	INAMHI	256,2
M134	GUAMOTE	Referencia	9786363	754982	3000	INAMHI	72,4
M135	PACHAMAMA-TIXAN	Referencia	9761870	744670	2960	INAMHI	143,6
M136	CHUNCHI	Referencia	9746992	731218	2245	INAMHI	89,4
M391	PALLATANGA	Dentro de la subcuenca	9778864	726000	1519	INAMHI	206,8
M395	CEBADAS	Referencia	9788471	762266	2955	INAMHI	89,9
M402	CHIMBO DJ PANGOR	Dentro de la subcuenca	9785072	721733	1480	INAMHI	150,2
M403	ALASI	Referencia	9756691	739346	2335	INAMHI	81,9
M404	CANNI-LLIMBE	Referencia	9803828	723320	2778	INAMHI	209,6
M405	GUASUNTOS	Referencia	9752968	743204	2544	INAMHI	83,6
M409	PANGOR-J.DE VELASCO(H.TEPEYAC)	Dentro de la subcuenca	9797795	735591	3240	INAMHI	186,0

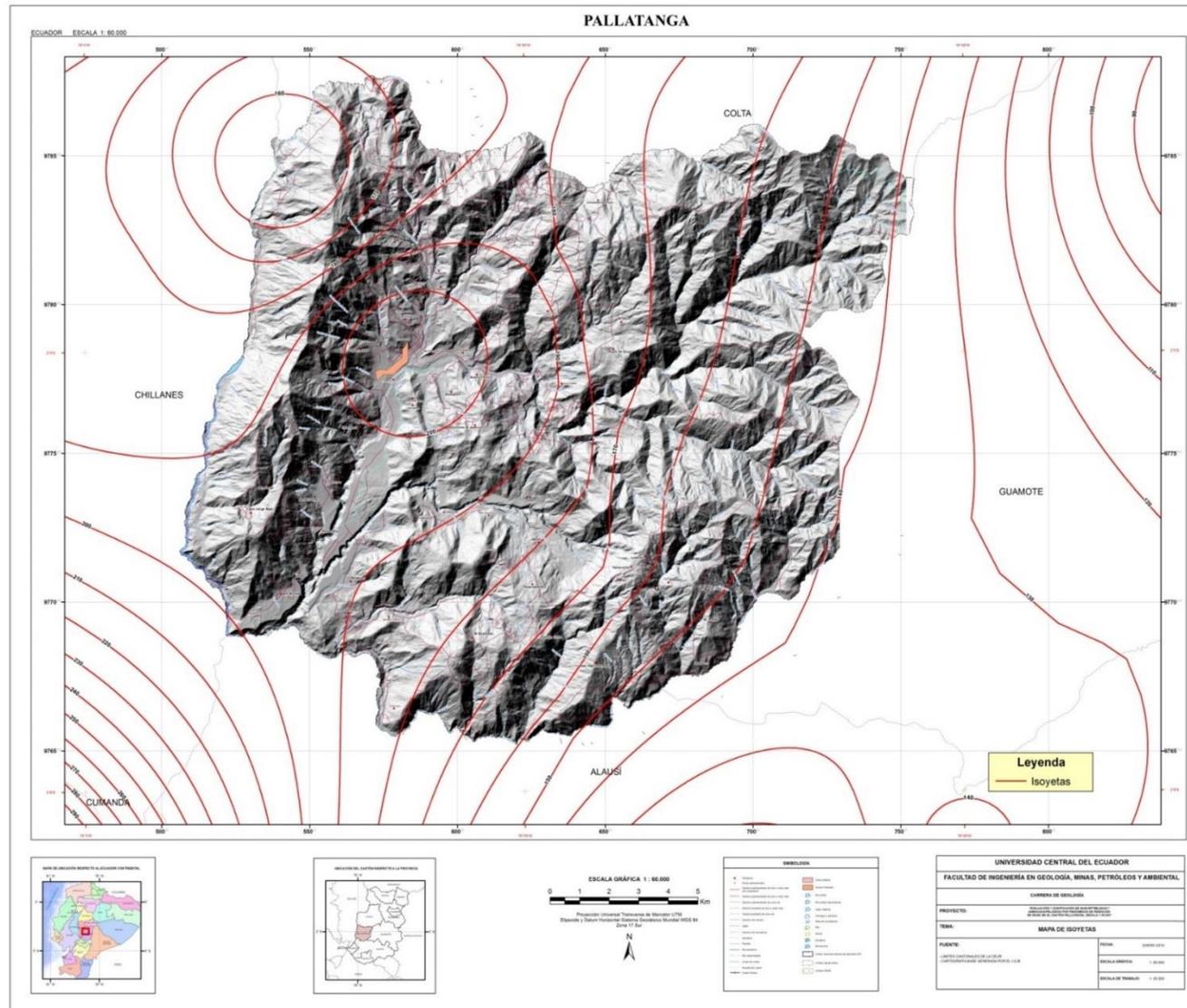
Anexo No. 4 Mapa de distribución del bloque ajustado del cantón Pallatanga.



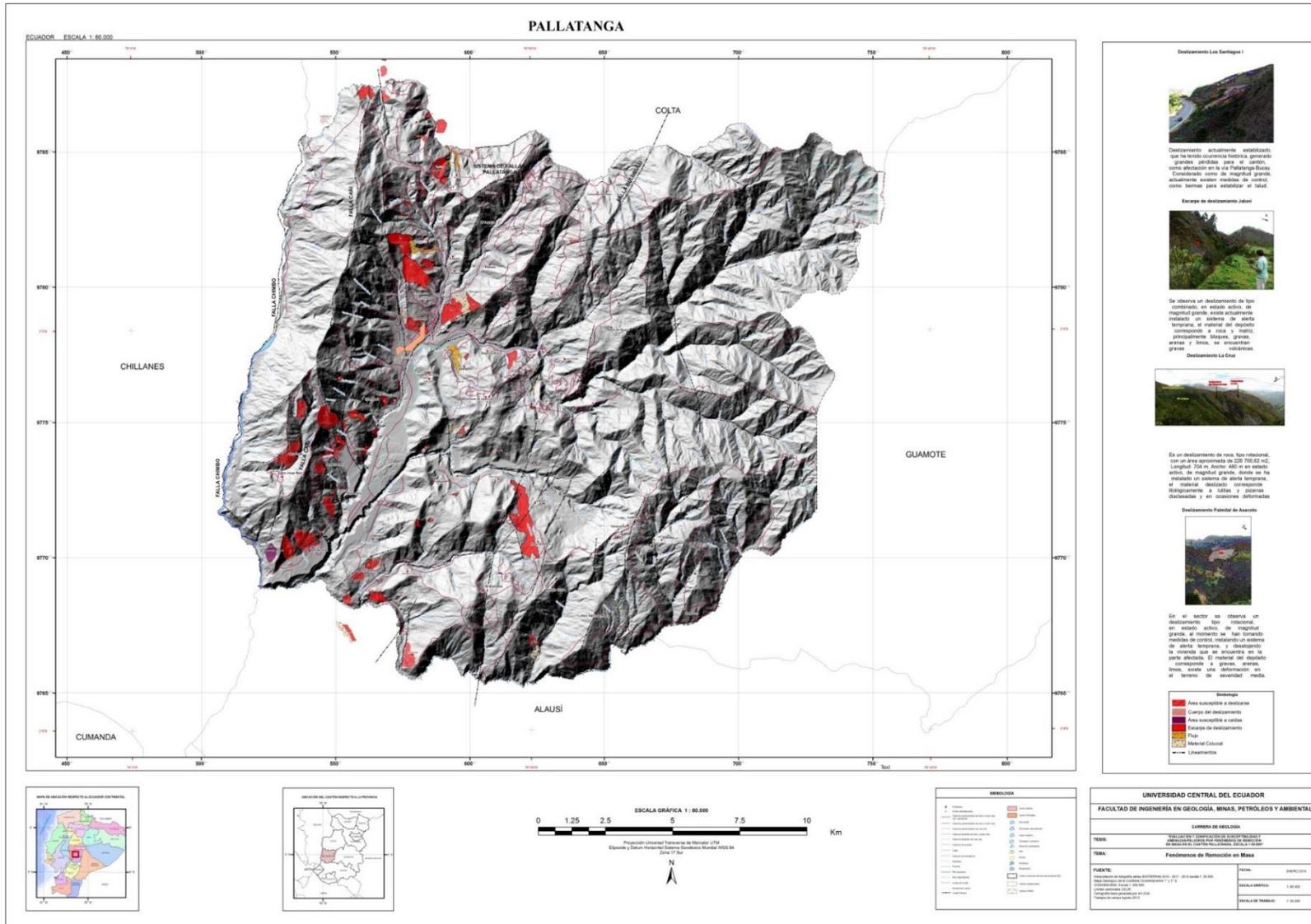
Anexo No. 6 Mapa de elevaciones del cantón Pallatanga.



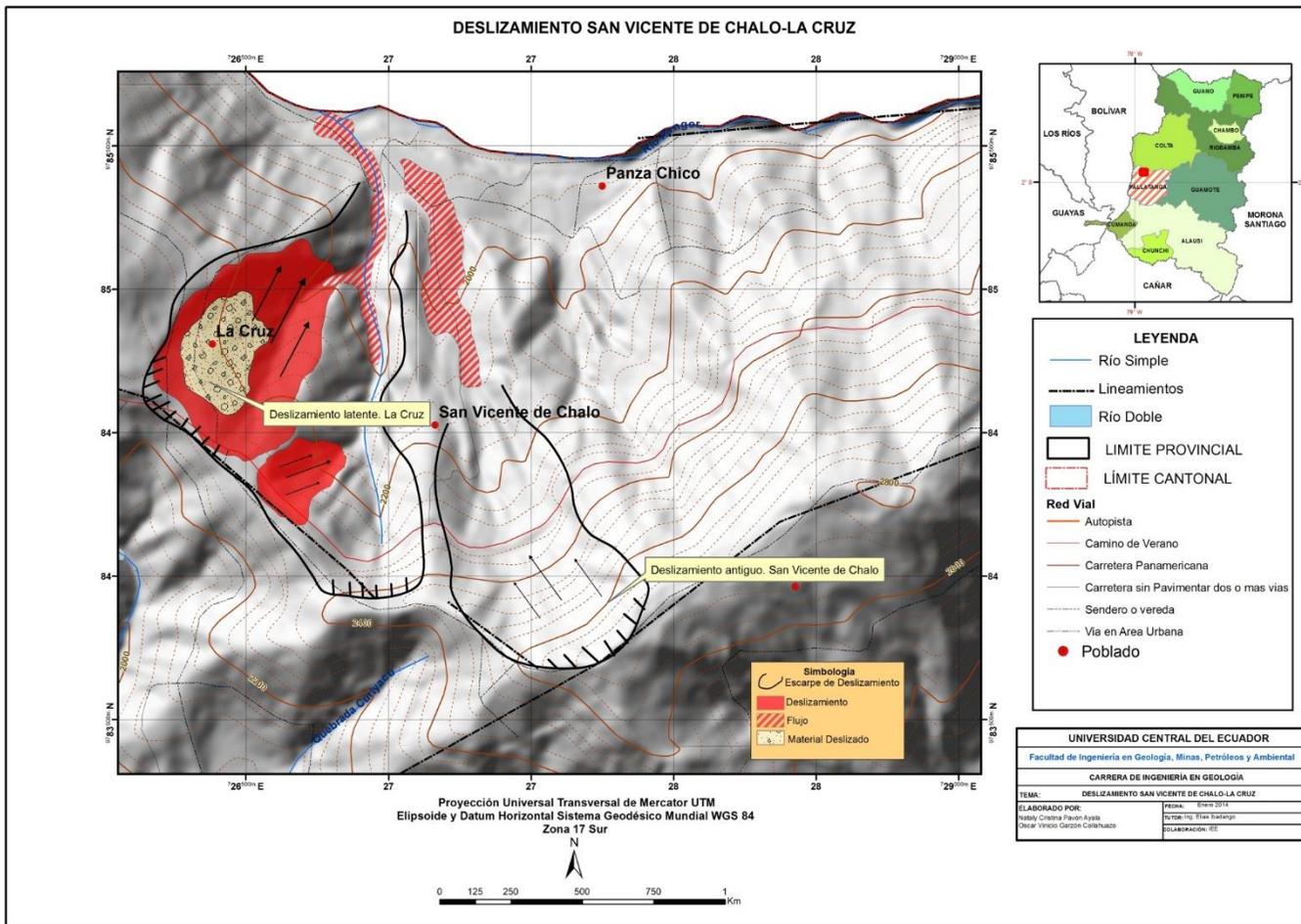
Anexo No. 7 Mapa de isoyetas para el mes de máxima precipitación (marzo).



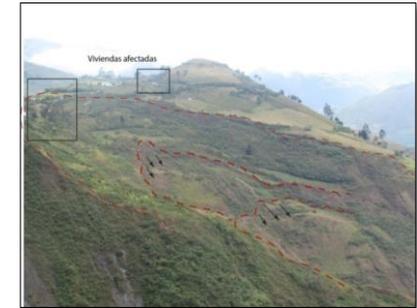
Anexo No. 9 Fenómenos de remoción en masa.



Anexo No. 10 Deslizamiento San Vicente de Chalo - La Cruz.



Fotografía No. 56 Deslizamiento. Sector La Cruz



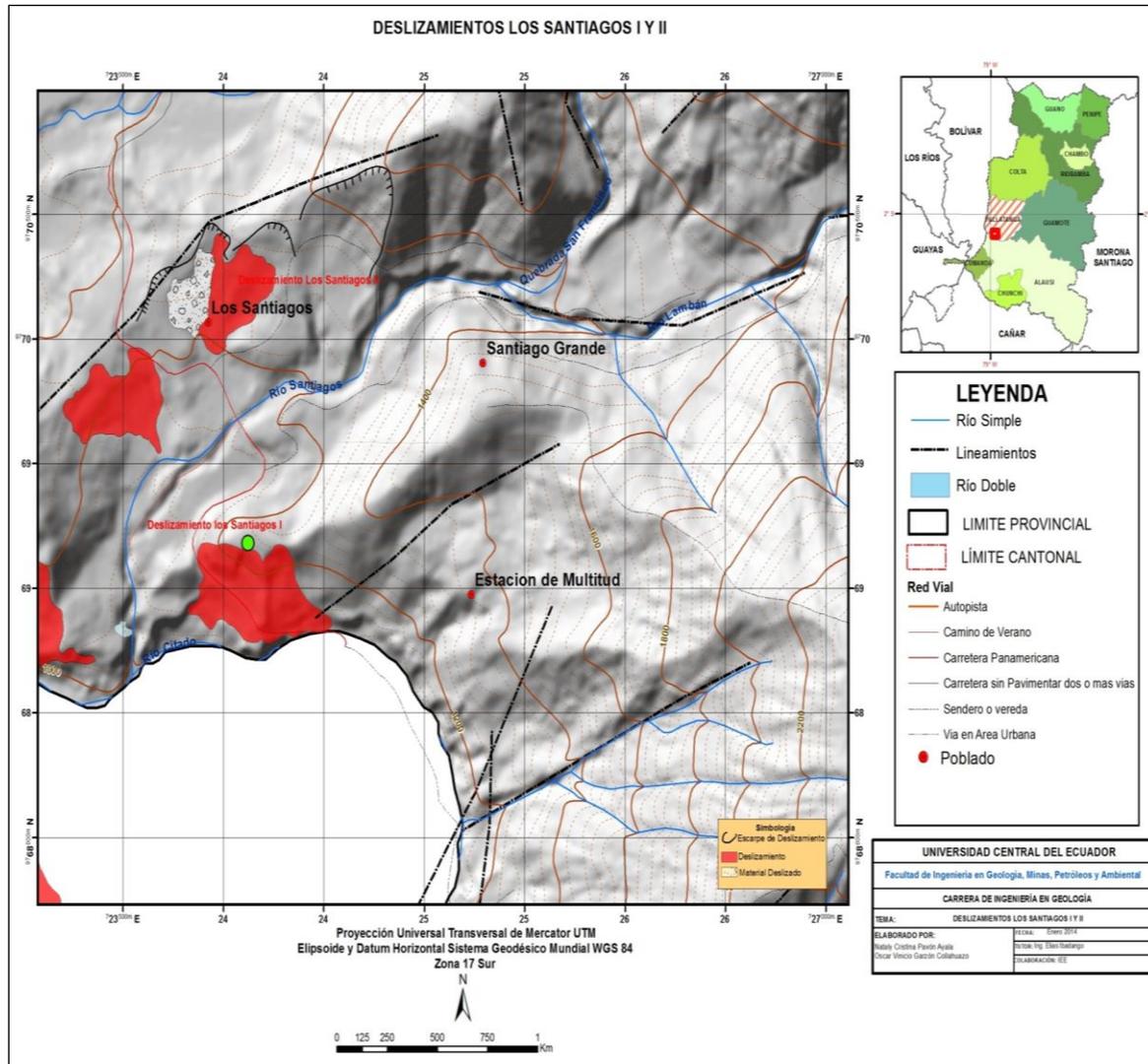
Fotografía No. 56 Deslizamiento. Sector San Vicente de Chalo



Fotografía No. 56 Deslizamientos Chalo-La Cruz



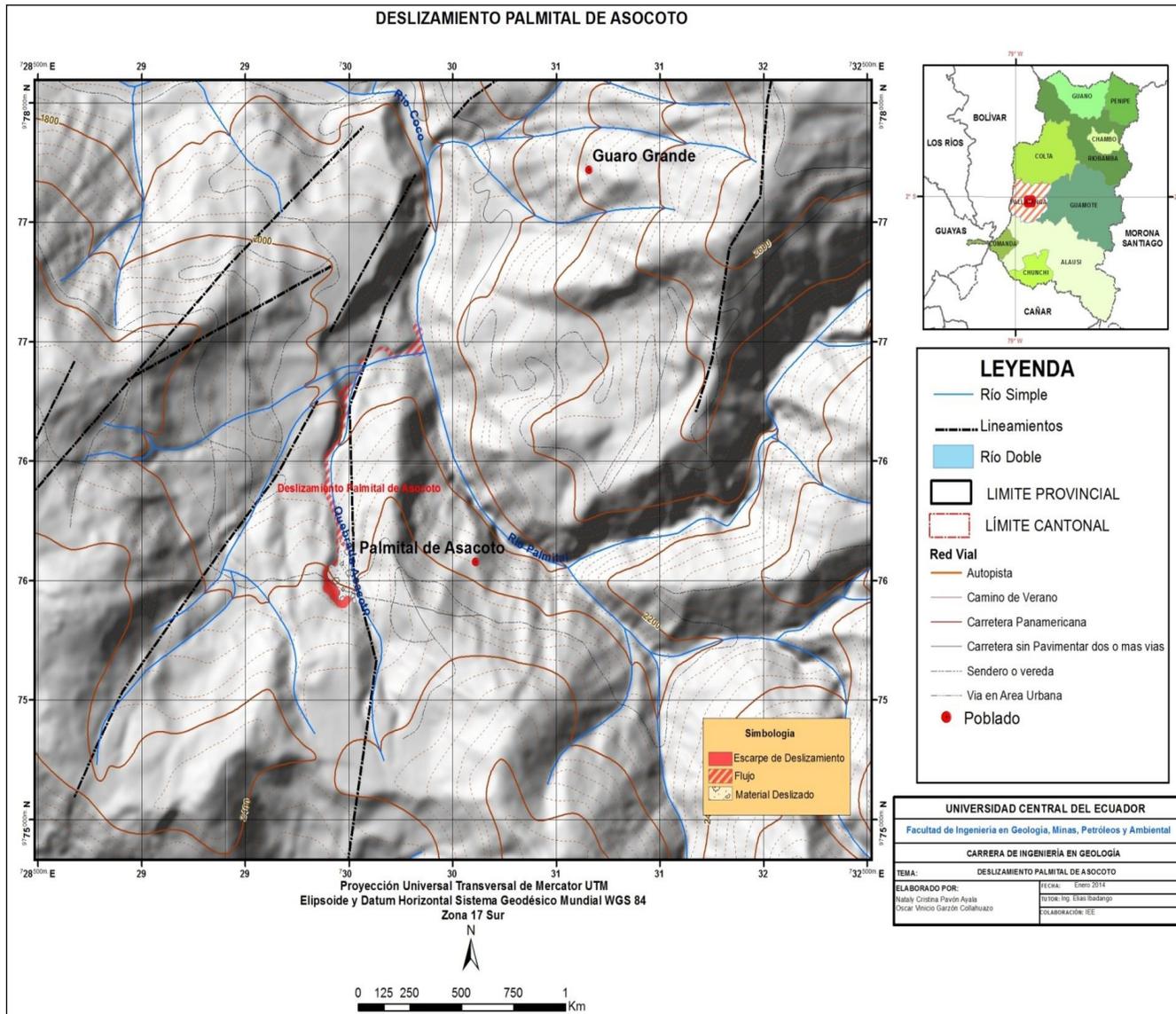
Anexo No. 11 Deslizamientos Los Santiagos I y II.



Fotografía No. 57 Deslizamiento Los Santiagos I



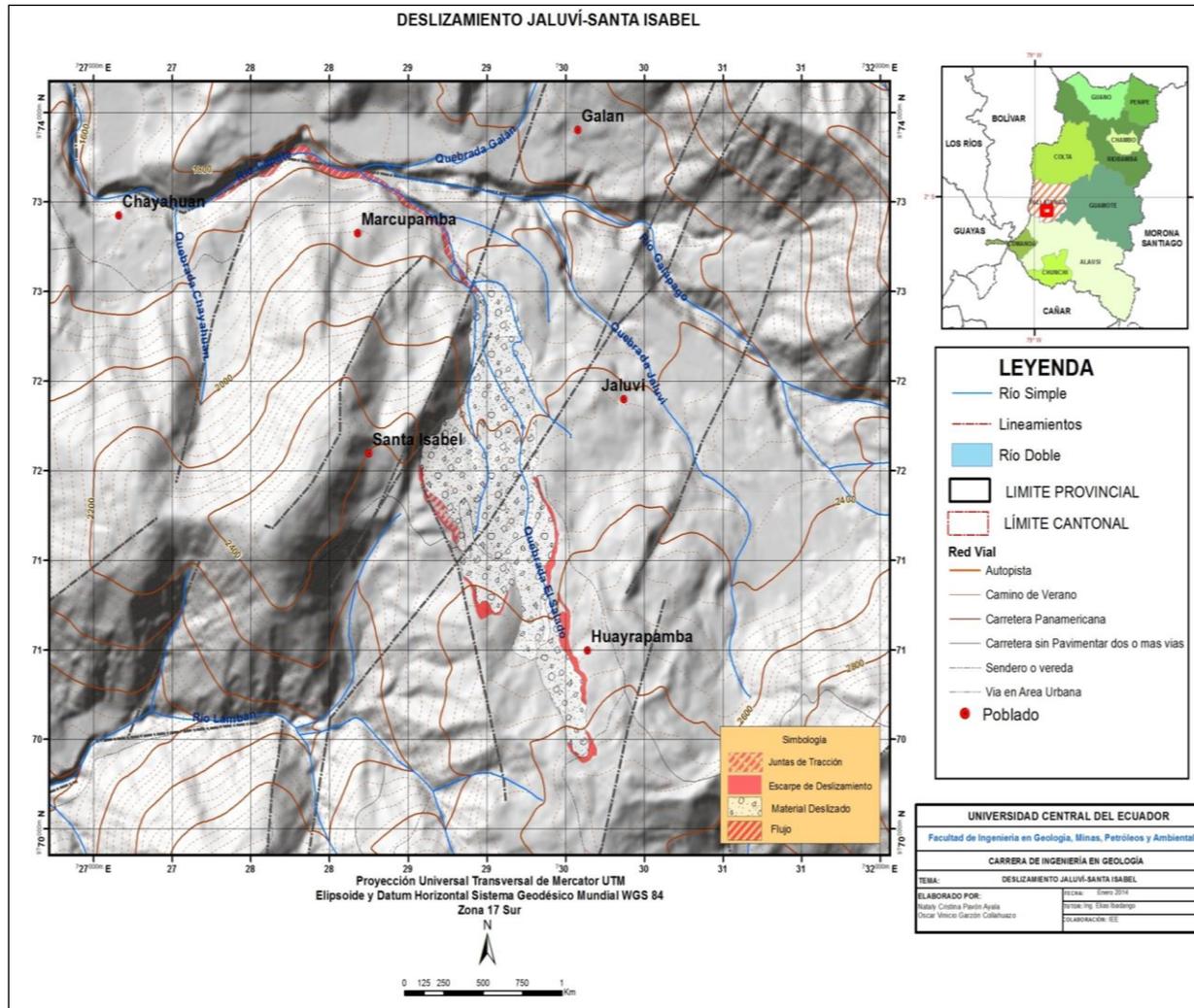
Anexo No. 12 Deslizamiento Palmital de Asocoto.



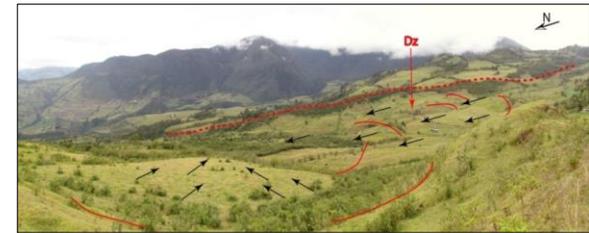
Fotografía No. 58 Deslizamiento. Sector Palmital de Asocoto



Anexo No. 13 Deslizamiento Jaluví - Santa Isabel.



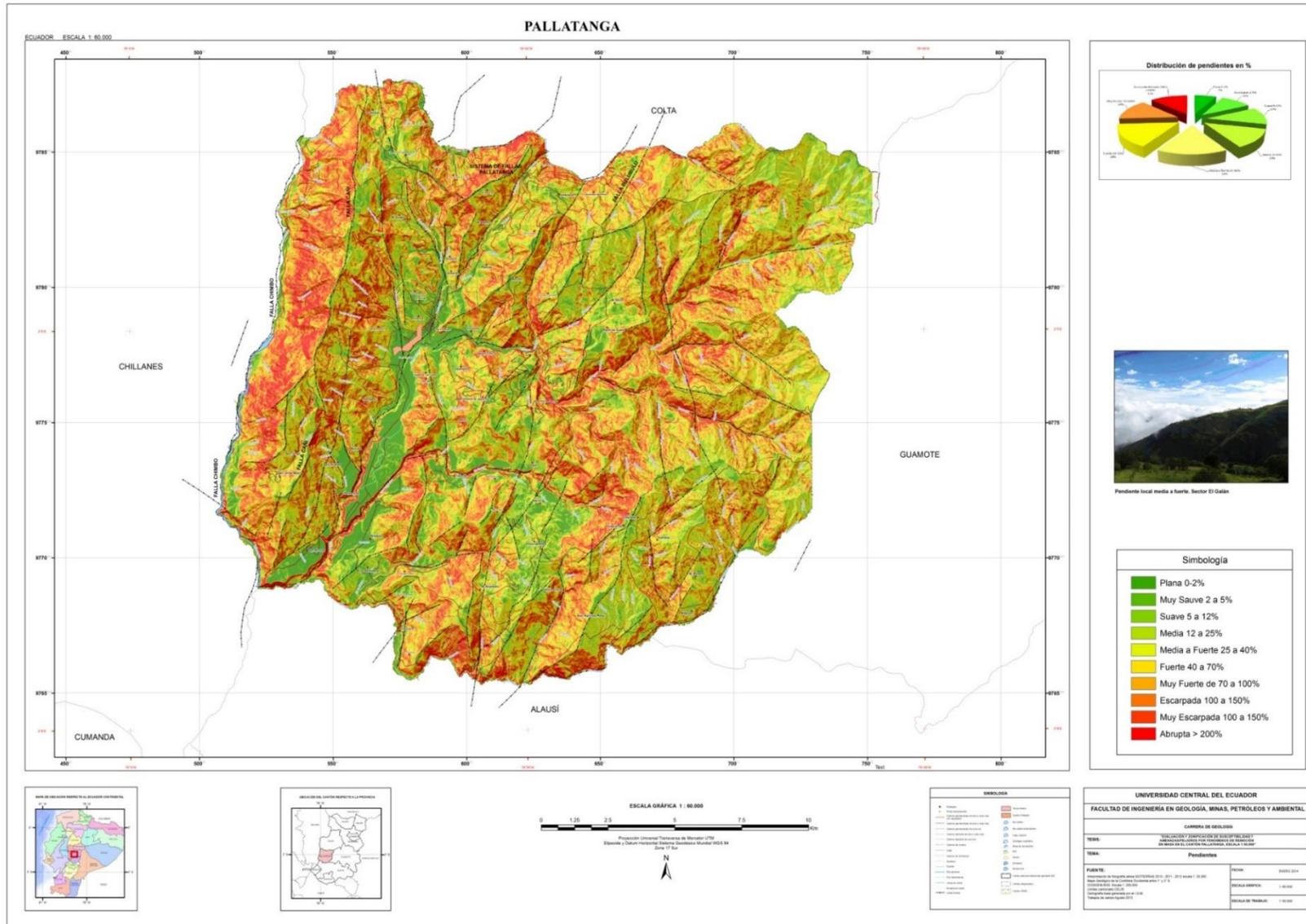
Fotografía No. 59 Deslizamiento Jaluví Santa Isabel



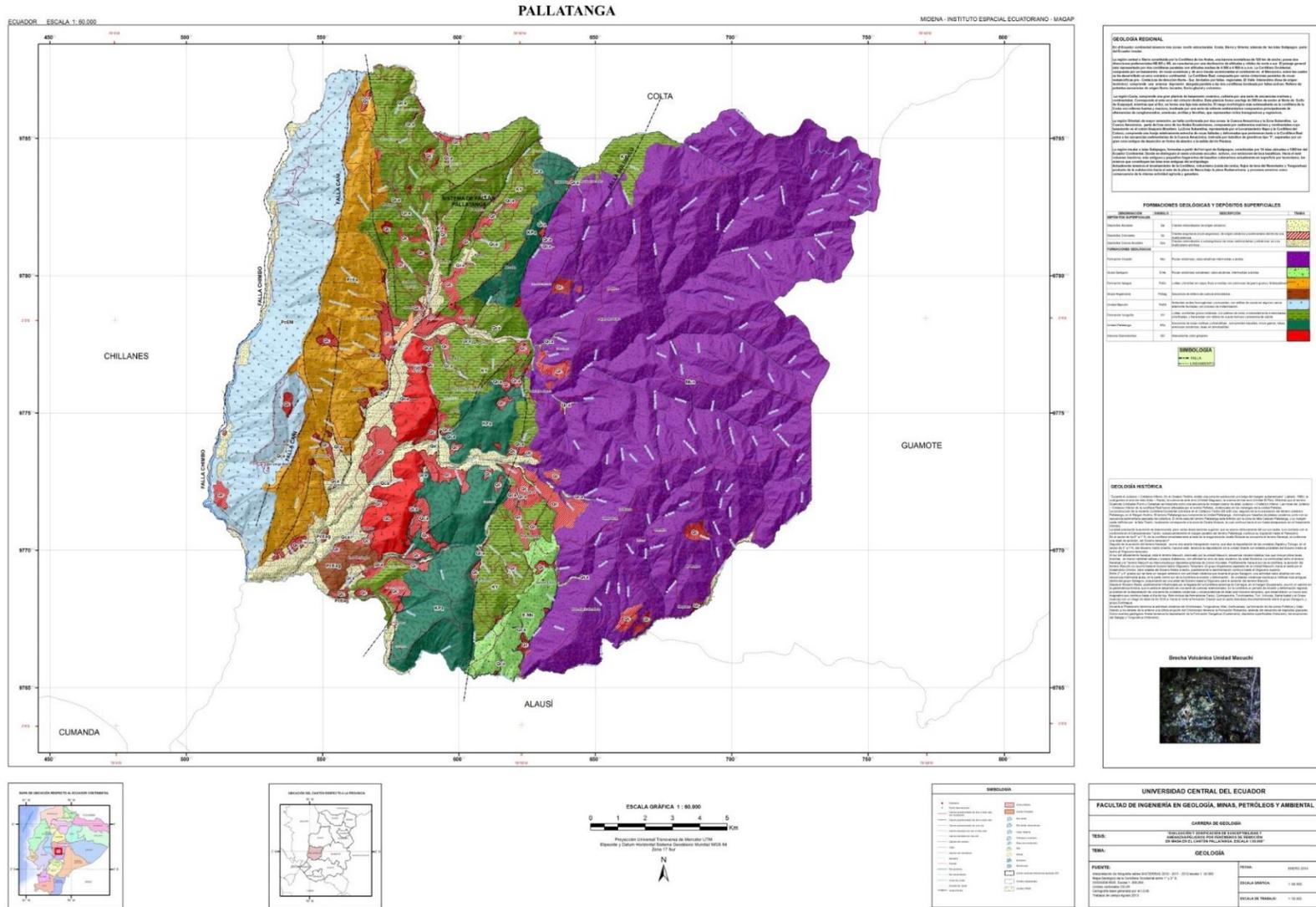
Fotografía No. 59 Deslizamiento Jaluví Santa Isabel



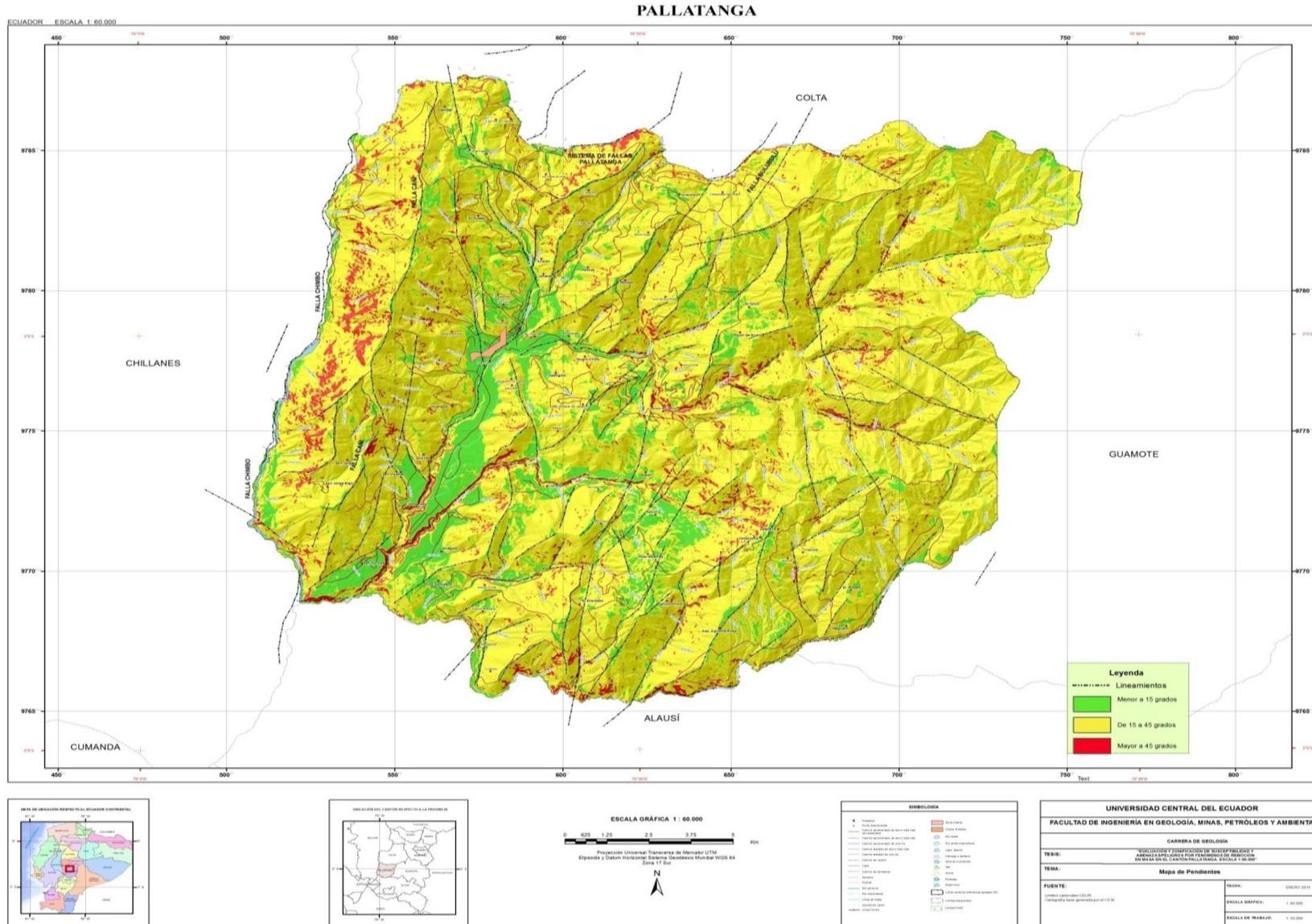
Anexo No. 14 Mapa de pendientes.



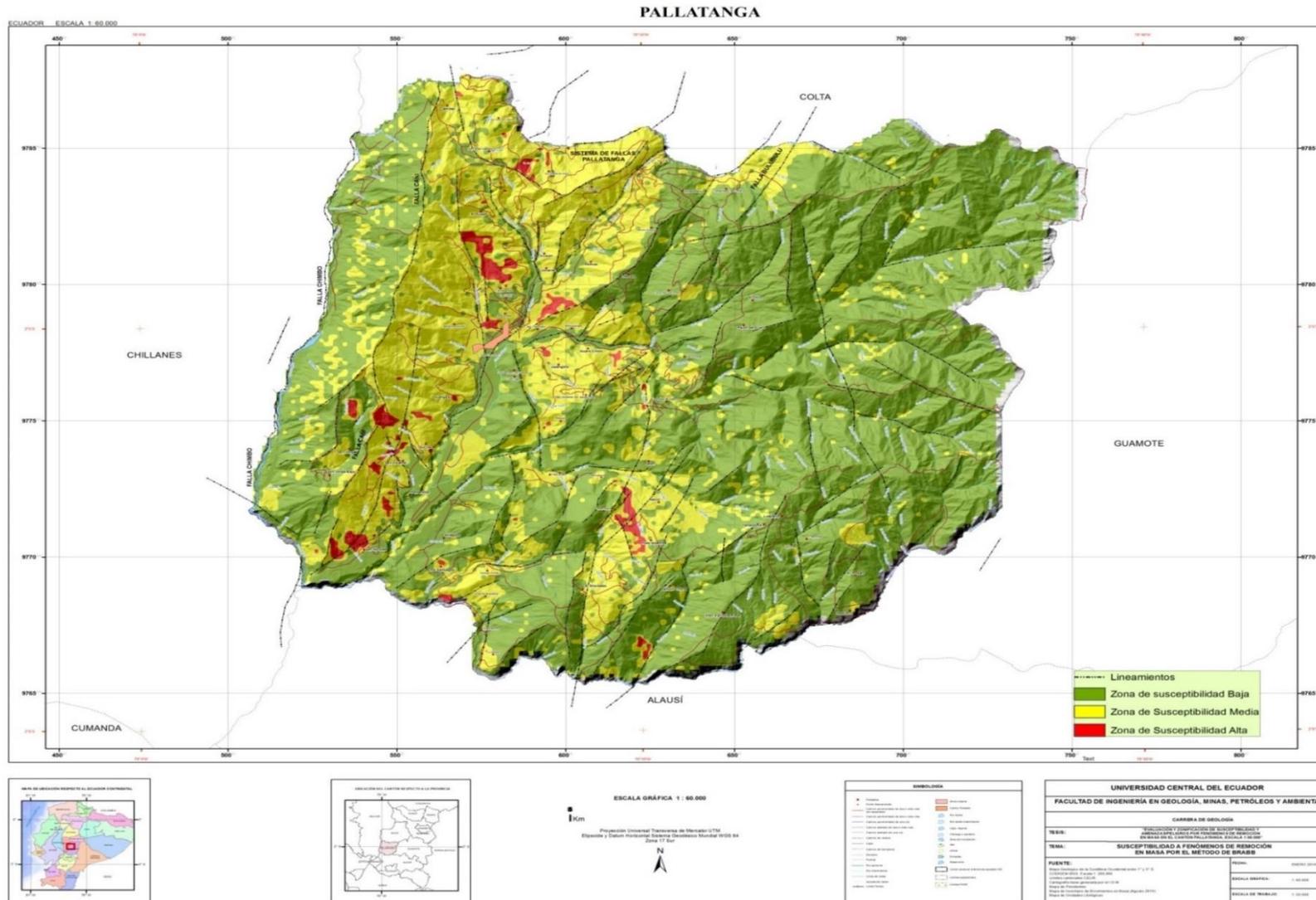
Anexo No. 15 Mapa de unidades litológicas.



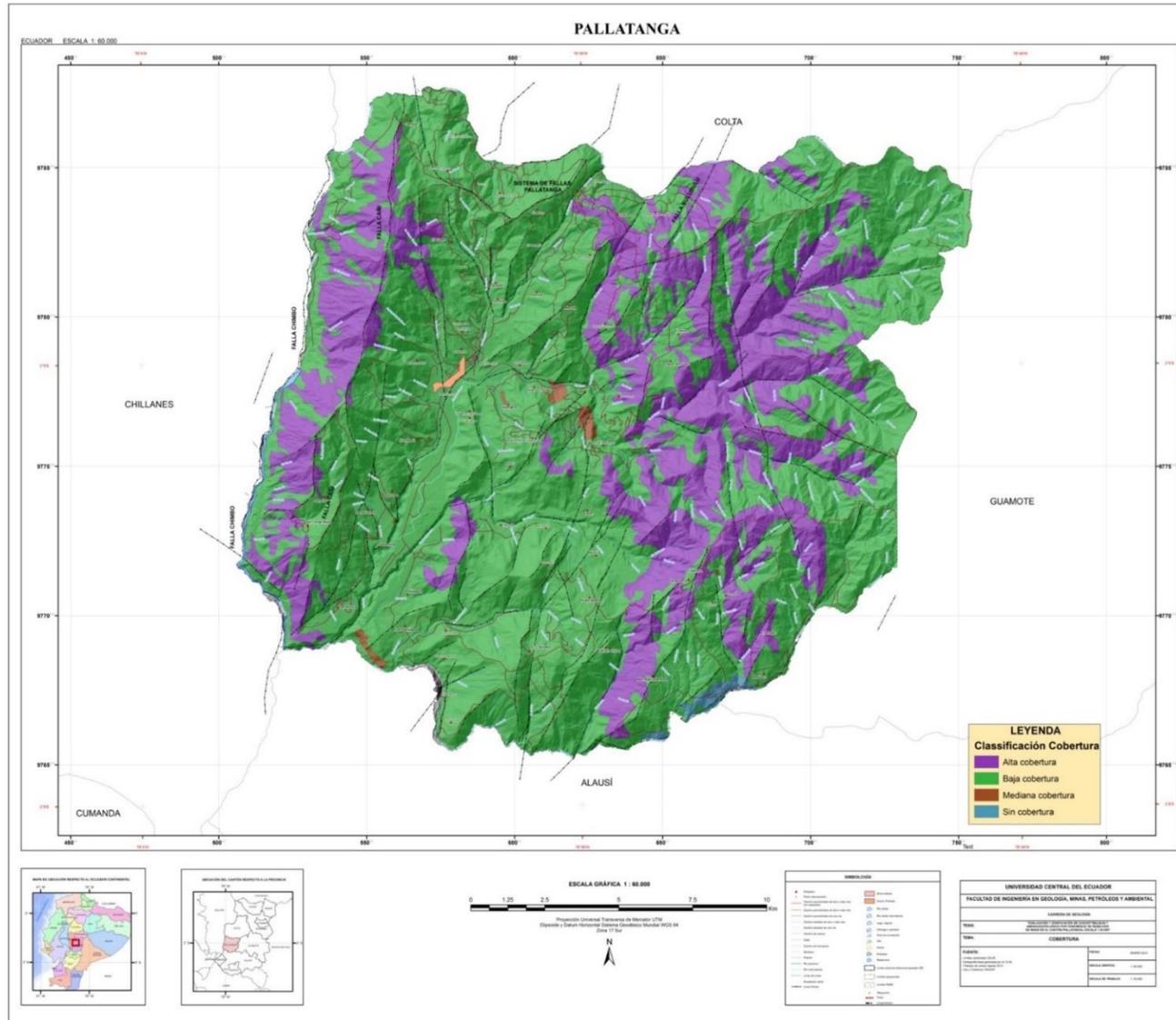
Anexo No. 16 Mapa de pendientes (método de Brabb).



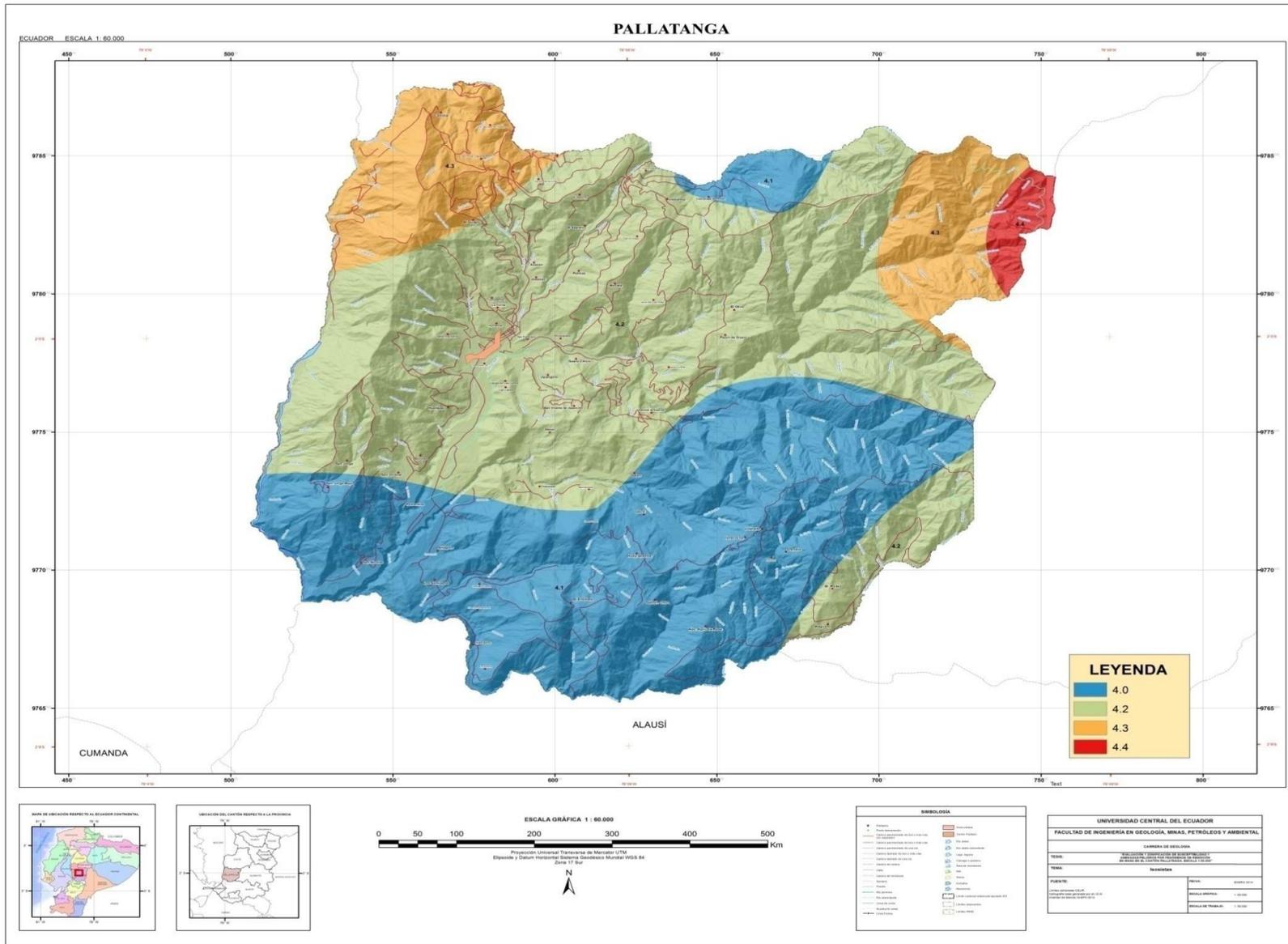
Anexo No. 17 Mapa de susceptibilidad a FRM (método de Brabb).



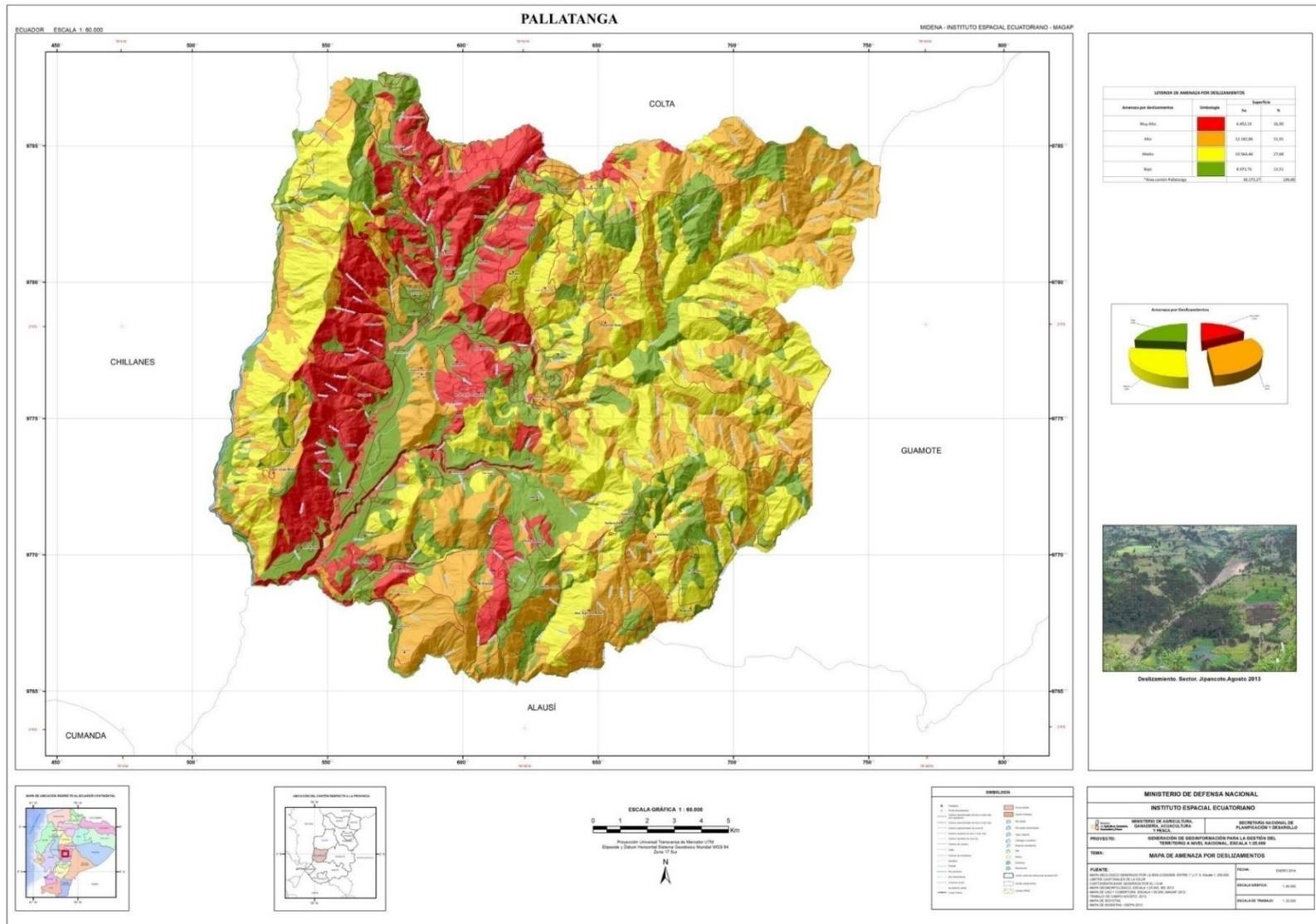
Anexo No. 19 Mapa de uso y cobertura ponderado.



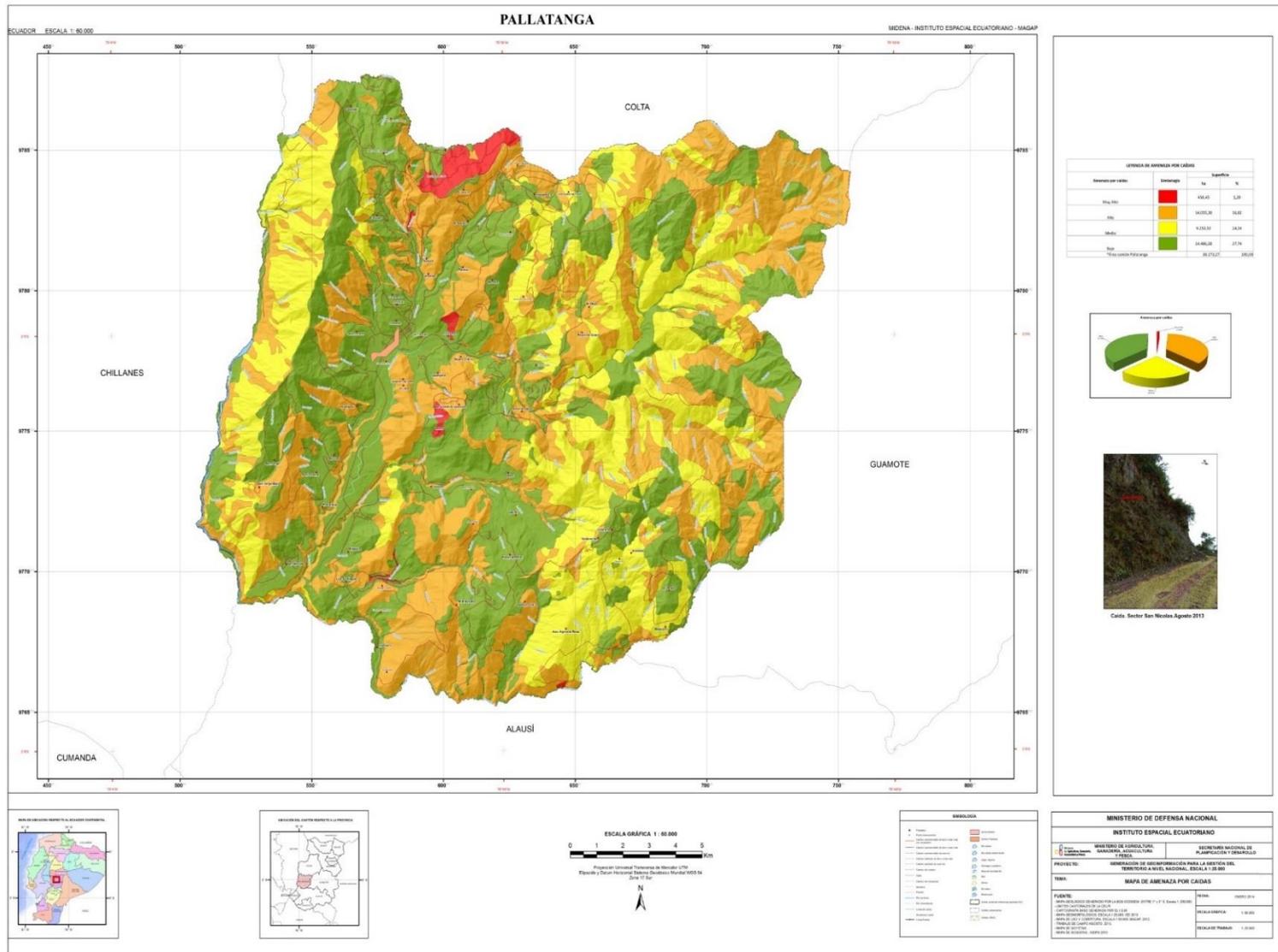
Anexo No. 20 Mapa de isosistas.



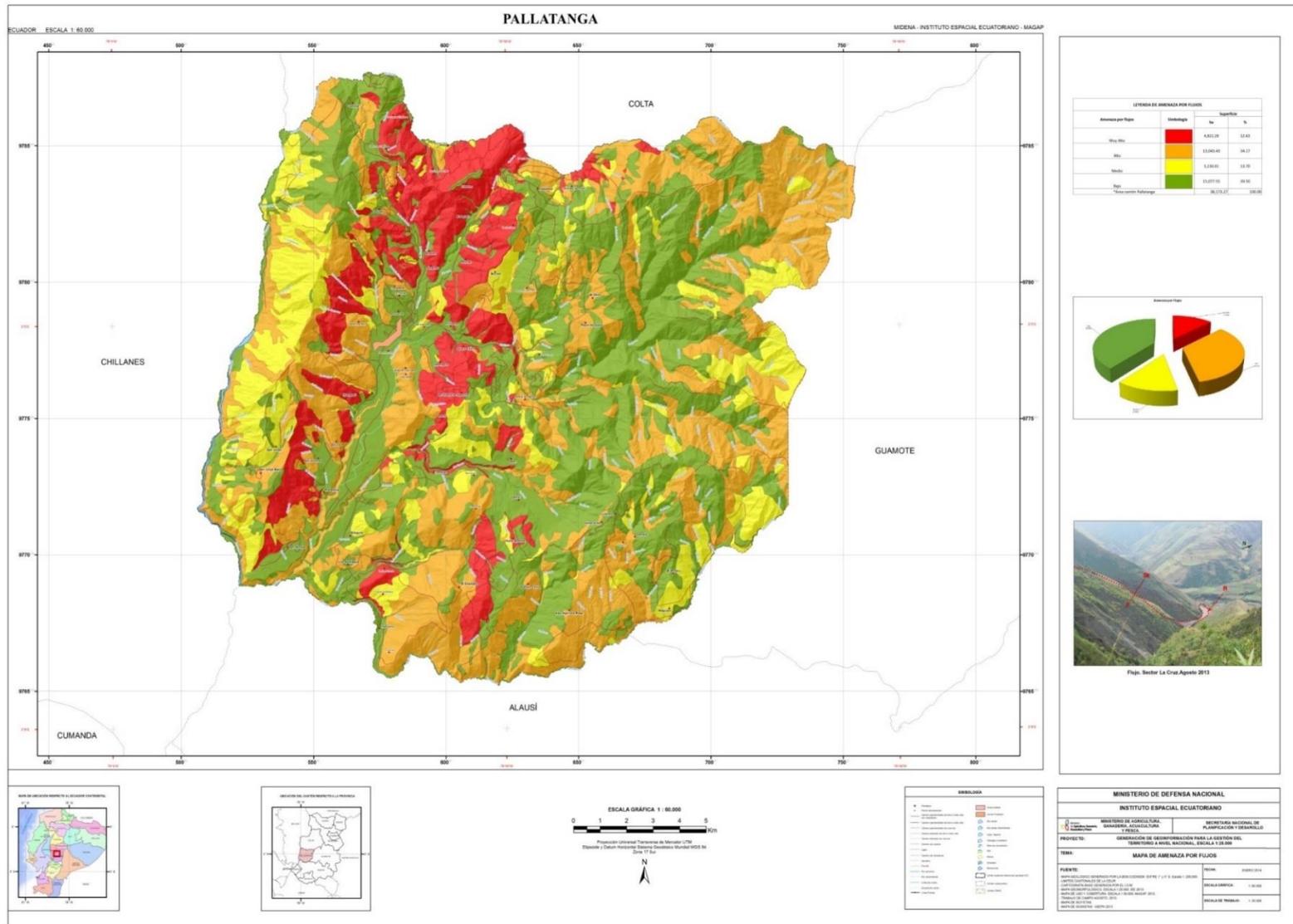
Anexo No. 21 Mapa de amenaza por deslizamientos.



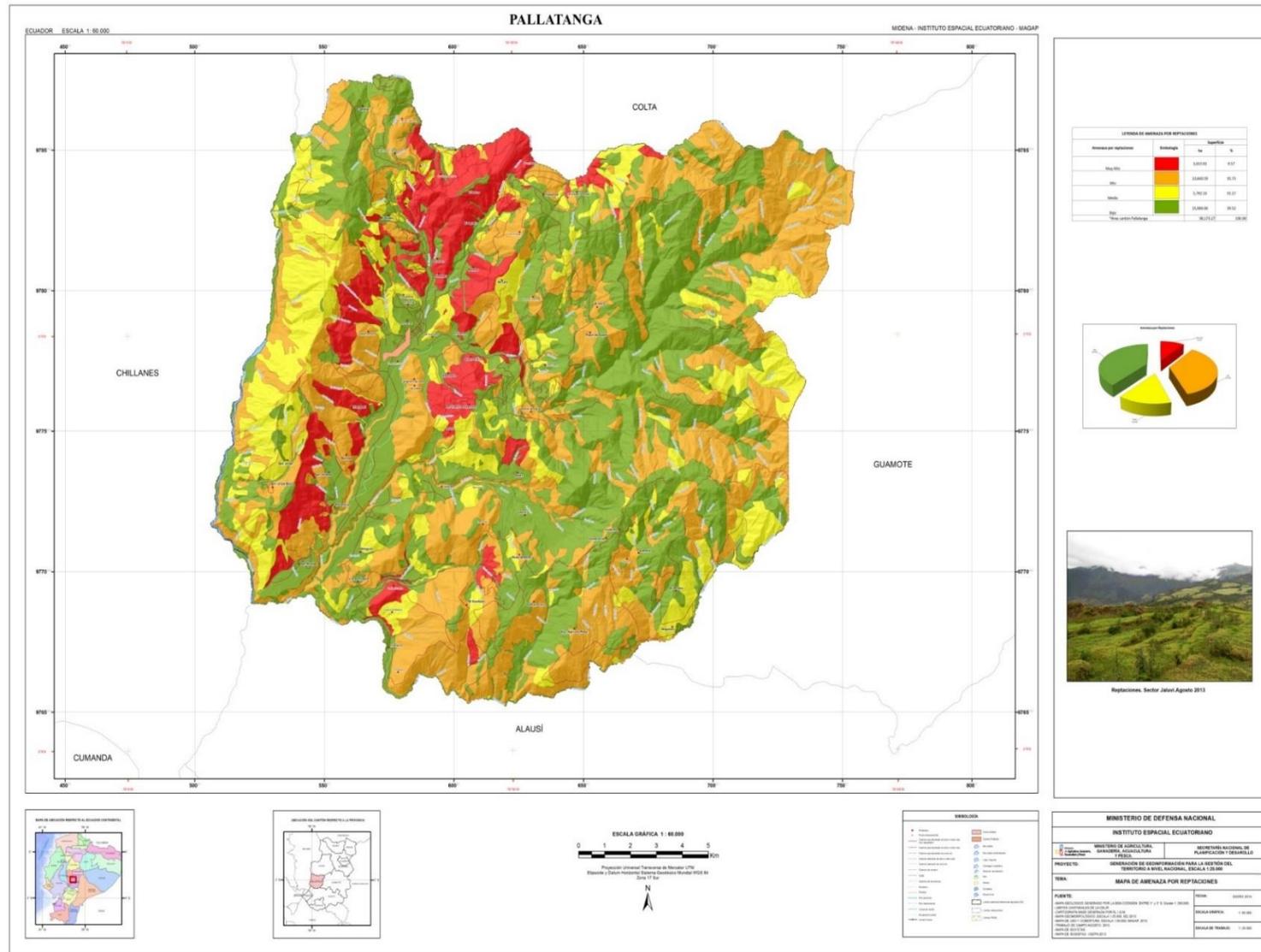
Anexo No. 22 Mapa de amenaza por caídas.



Anexo No. 23 Mapa de amenaza por flujos.



Anexo No. 24 Mapa de amenaza por reptación.



Anexo No. 25 Ficha de descripción geomorfológica.

"GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL"

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA



1. UBICACIÓN

1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

PROVINCIA

CANTÓN

PARROQUIA

SECTOR

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)

COORD. X: m

COORD. Y: m

ALTITUD msnm

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2.1. CÓDIGO:

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN:

2.3. GRUPO:

2.4. POSICIÓN OBSERVADOR (cima, ladera, etc)

2.5. FOTOS

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1. UNIDAD AMBIENTAL

3.2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

3.4. MORFOMETRÍA

a. PENDIENTE

1 Plana de 0 a 2%

2 Muy suave de 2 a 5%

3 Suave de 5 a 12%

4 Media de 12 a 25%

5 Media a Fuerte 25 a 40%

6 Fuerte 40 a 70%

7 Muy fuerte 70 a 100%

8 Escarpada 100 a 150%

9 Muy escarpada 150 a 200%

10 Abrupta > a 200%

b. DESNIVEL RELATIVO

1 0 a 5 m

2 5 a 15 m

3 15 a 25 m

4 25 a 50 m

5 50 a 100 m

6 100 a 200 m

7 200 a 300 m

8 > a 300 m

c. LONGITUD DE LA VERTIENTE

1 Muy corta, < a 15 m

2 Corta, 15 a 50 m

3 Mod. larga, 50 a 250 m

4 Larga, 250 a 500 m

5 Muy larga, > a 500 m

3.3. MORFOLOGÍA

a. FORMA DE CIMA

1 Aguda

2 Redondeada

3 Plana

b. FORMA DE VERTIENTE

1 Concava

2 Convexa

3 Rectilínea

4 Irregular

5 Mixta

c. FORMA DE VALLE

1 En U

2 En V

3 Plano

4. COBERTURA VEGETAL

1. Arbórea

2. Arbustiva

3. Herbácea

4. Cultivo anual

5. Cultivo semipermanente

6. Cultivo permanente

7. Eriales

DESCRIPCIÓN _____

5. OTROS ASPECTOS (situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)

6. FOTO-ESQUEMA

Anexo No. 26 Ficha de verificación de movimientos en masa.

"GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL"

VERIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

1. UBICACIÓN

1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

PROVINCIA

CANTÓN

PARROQUIA

SECTOR

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)

COORD. X: m

COORD. Y: m

ALTITUD msnm

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2.1. CÓDIGO:

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN:

2.3. GRUPO:

2.4. POSICIÓN OBSERVADOR (cima, ladera, etc)

2.5. FOTOS

3. CARACTERÍSTICAS DE MOVIMIENTO EXISTENTE

3.1. TIPO DE MOVIMIENTO

1	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Caída	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flujo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reptación	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otro _____	

3.2. ESTADO

1	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Activo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Latente	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estabilizado	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relicto	

3.3. MAGNITUD

<input type="checkbox"/>
Grande
<input type="checkbox"/>
Mediano
<input type="checkbox"/>
Pequeño

3.4. CONTROL Existen medidas de control? Sí No

Tipos de medidas de control

4. CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO

4.1. MATERIAL

1	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roca	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matriz	

4.2. COMPOSICIÓN

1	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bloques	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grava	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arena	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limo	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arcilla	

4.3. DEFORMACIÓN DEL TERRENO

Modo		Severidad	
<input type="checkbox"/>	Ondulación	<input type="checkbox"/>	Leve
<input type="checkbox"/>	Escalonamiento	<input type="checkbox"/>	Media
		<input type="checkbox"/>	Severa

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. UNIDAD AMBIENTAL

5.2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA

5.3. PENDIENTE

<input type="checkbox"/>
Plana de 0 a 2%
<input type="checkbox"/>
Muy suave de 2 a 5%
<input type="checkbox"/>
Suave de 5 a 12%
<input type="checkbox"/>
Media de 12 a 25%
<input type="checkbox"/>
Media a Fuerte 25 a 40%
<input type="checkbox"/>
Fuerte 40 a 70%
<input type="checkbox"/>
Muy fuerte 70 a 100%
<input type="checkbox"/>
Escarpada 100 a 150%
<input type="checkbox"/>
Muy escarpada 150 a 200%
<input type="checkbox"/>
Abrupta > a 200%

5.4. LONGITUD DE LA VERTIENTE

1
Muy corta, < a 15 m
2
Corta, 15 a 50 m
3
Mod. larga, 50 a 250 m
4
Larga, 250 a 500 m
5
Muy larga, > a 500 m

6. OBSERVACIONES DEL DEPÓSITO SUPERFICIAL

7. CAUSAS / DETONANTE / DAÑOS (Numerar de acuerdo a su importancia)

7.1. CAUSAS	OTRAS (7.1.)	7.2. DETONANTE	7.3. DAÑOS
<input type="checkbox"/> Morfología	<input type="checkbox"/> Material plástico débil	<input type="checkbox"/> Sismo	<input type="checkbox"/> Centros poblados
<input type="checkbox"/> Pendiente favorable	<input type="checkbox"/> Material colapsible	<input type="checkbox"/> Lluvias	<input type="checkbox"/> Líneas de conducción
<input type="checkbox"/> Longitud de la vertiente	<input type="checkbox"/> Contraste de permeabilidad de materiales	<input type="checkbox"/> OTRAS	<input type="checkbox"/> Vías de comunicación
<input type="checkbox"/> Composición del depósito superficial	<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales	<input type="checkbox"/> Erupción volcánica	<input type="checkbox"/> Ambientales
<input type="checkbox"/> Material fallado/ fisurado / agrietado	<input type="checkbox"/> Agua subterránea	<input type="checkbox"/> Erosión/socavación del pie de talud	<input type="checkbox"/> Actividad económica (ganadera, agrícola)
<input type="checkbox"/> Material meteorizado		<input type="checkbox"/> Actividades antrópicas	<input type="checkbox"/> Pérdida de vidas
<input type="checkbox"/> Material no consolidado			<input type="checkbox"/> Infraestructura crítica (hospitales, escuelas)
<input type="checkbox"/> Deforestación o ausencia de vegetación			

8. DEFINICIÓN DE LA AMENAZA

8.1. GRADO

<input type="checkbox"/>
Alto
<input type="checkbox"/>
Medio
<input type="checkbox"/>
Bajo

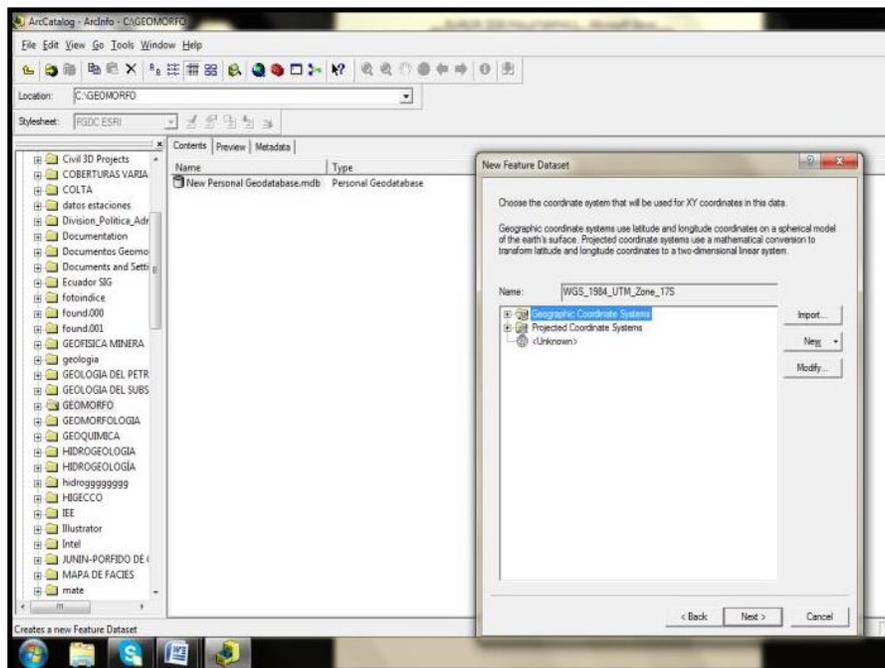
Anexo No. 27 Procedimiento para elaboración del mapa geomorfológico.

Mediante la extensión espacial analyst del Arc Gis, se carga el bloque fotogramétrico, las fotografías aéreas y se le asigna el factor de elevación del terreno, proporcionado por MDT.

La digitalización se realizó directamente en la pantalla (planar), a una escala 1:8.000.

1. Al momento de la digitalización, se llena la base de datos de la geodatabase (GDB) que contiene información sobre el paisaje o unidad ambiental, génesis, geoforma, morfología y morfo-metría), creada de la siguiente forma:

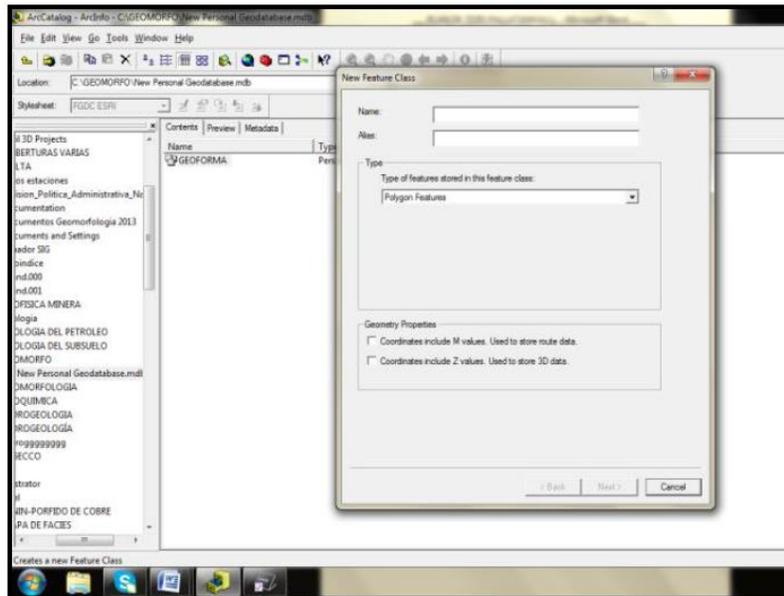
1.1. Abrir Arc Catalog, creamos una nueva carpeta, con el nombre GEOMORFOLOGÍA. Dentro de la carpeta clic derecho, new personal geodatabase, clic derecho, new feature dataset, poner nombre del archivo y establecemos la proyección tanto para X,Y, y, Z.



Finalizar.

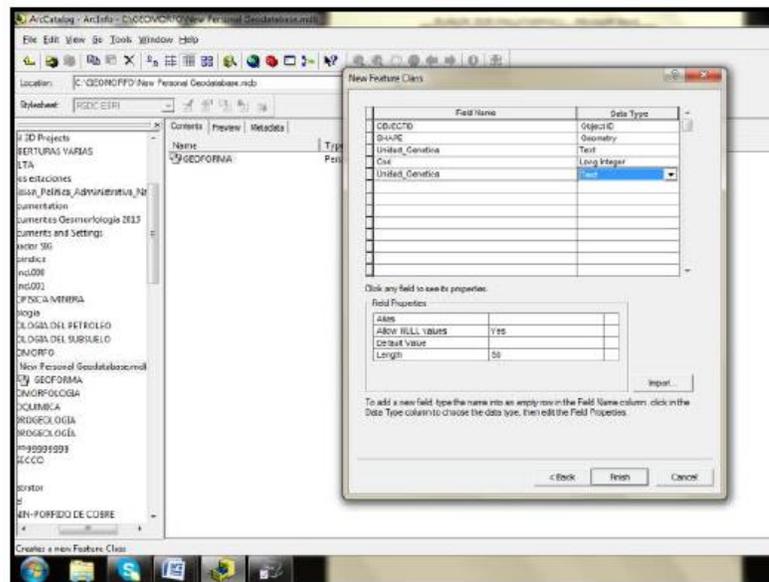
1.2 En el feature dataset, clic derecho, se crea un nuevo feature class, con nombre, alias, y tipo polígono. Continuar, dentro de la tabla ingresar los campos como: unidad

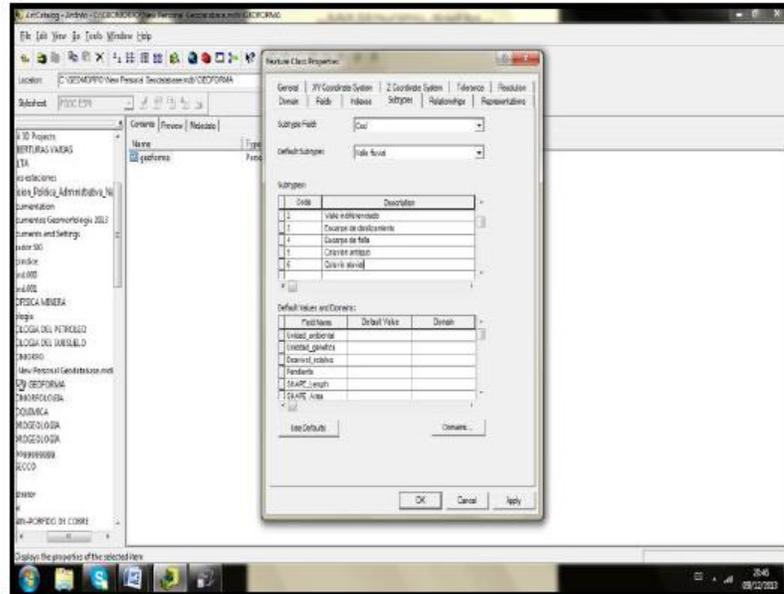
genética, pendiente, unidad geomorfológica, desnivel relativo, código y el tipo de información a ingresar en este caso texto, y en el código la información es tipo número.



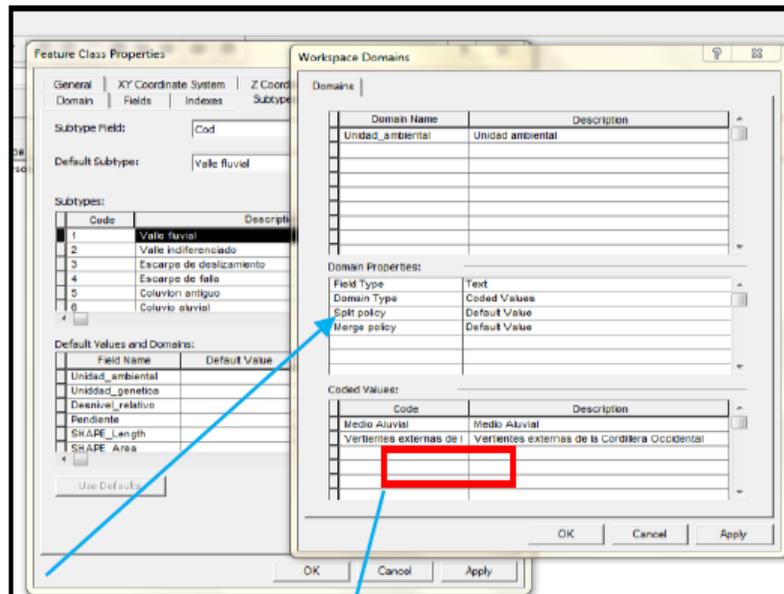
Finalizar.

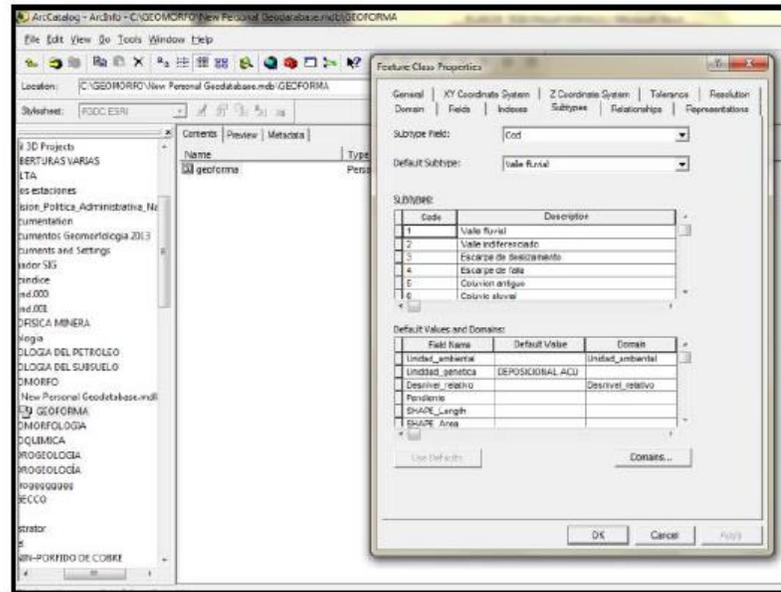
1.3 En el feature class, clic derecho propiedades, ingresar a la pestaña subtipos, en el subtipo código, colocar cada una de las geo-formas ligadas a un número.





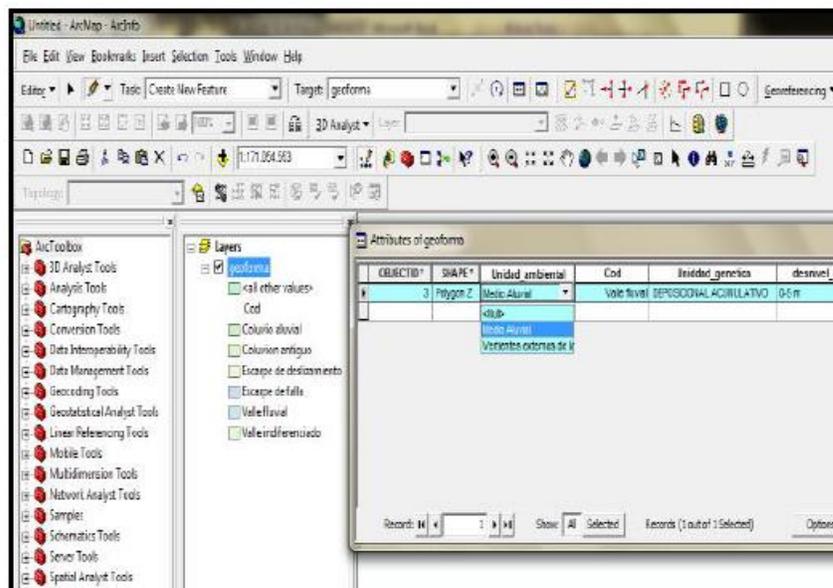
1.4. Para cada geoforma establecer el valor por default o un dominio para cada campo creado, si es un dominio, clic en la pestaña dominios, establecer el nombre del dominio y la descripción; el nombre del dominio debe ser igual al nombre del campo al que se va a enlazar en este caso unidad ambiental, la descripción puede ser el mismo nombre unidad ambiental, en las propiedades del dominio son tipo texto, digitar el código y la descripción, que encontramos en el área de estudio.





Aplicar y aceptar.

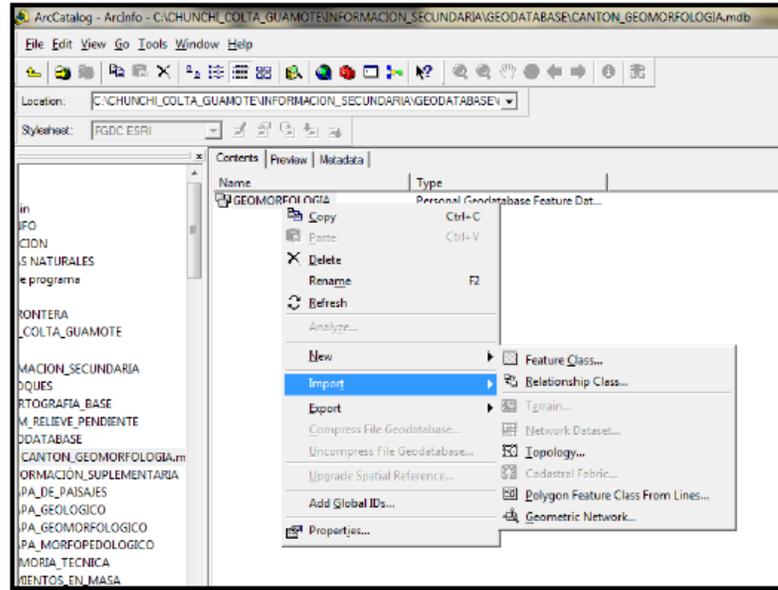
1.5. Abrir el Arc Gis 10, añadimos la GDB, donde vamos a crear los polígonos que van a representar las geoformas.



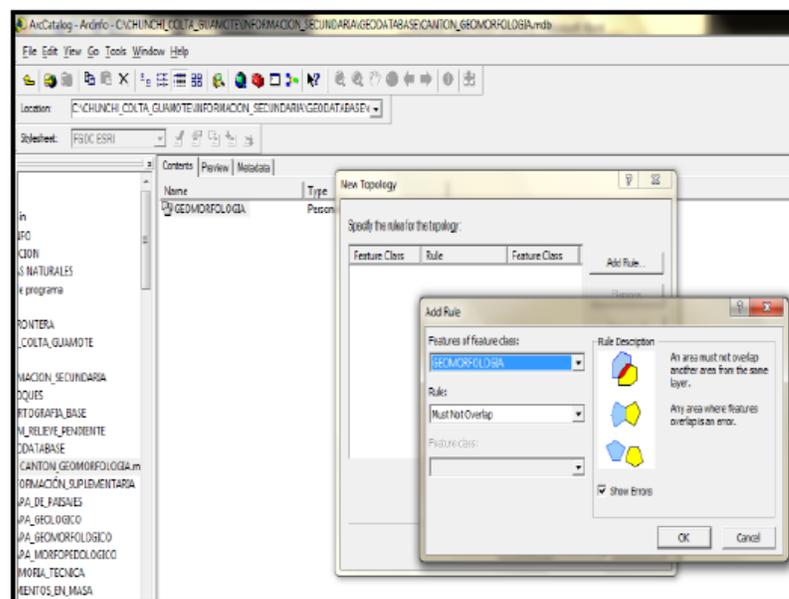
2. Comprobación de campo, se llevó a cabo para verificar cada uno de los elementos creados, y la descripción de los mismos mediante la ficha de campo (Anexo No. 25). Además de obtener un registro fotográfico para el cantón.

3. Seguido de la comprobación de campo, se realizan correcciones, revisión topológica, de la siguiente forma:

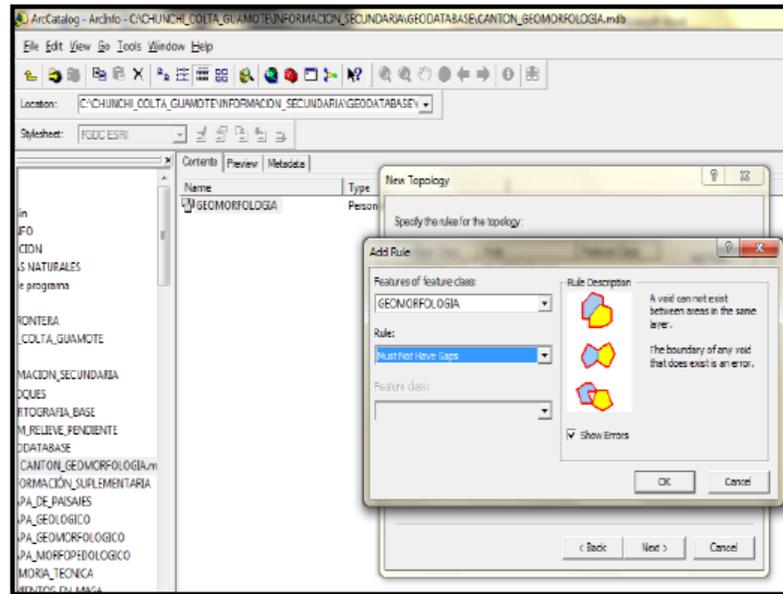
3.1. Clic derecho en la feature dataset, nueva topología.



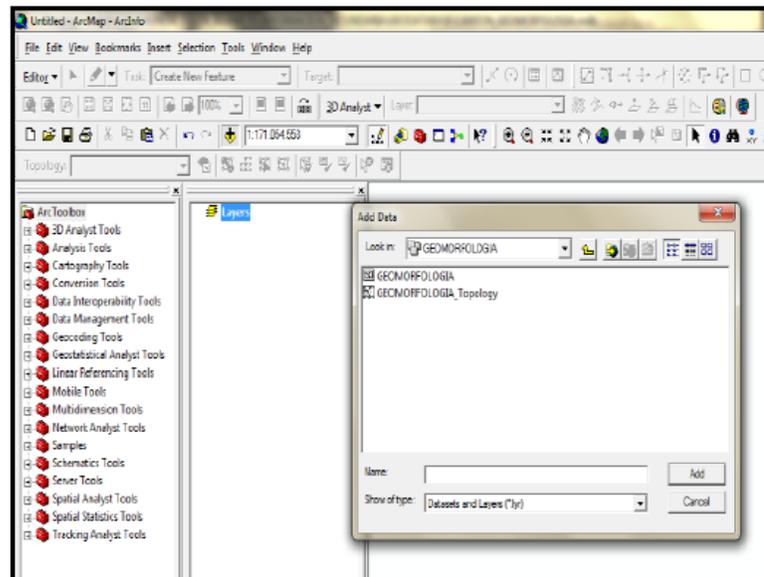
Siguiente, establecer el nombre de la topología, siguiente, seleccionar el feature class, siguiente. Hasta tener la ventana, nueva topología, añadir las reglas must not overlap



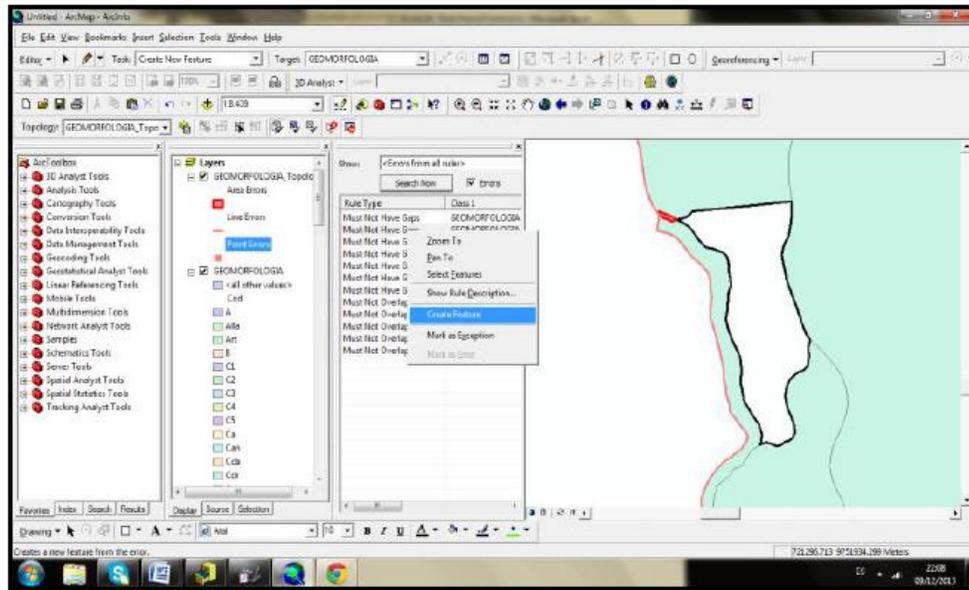
Y must not have gaps



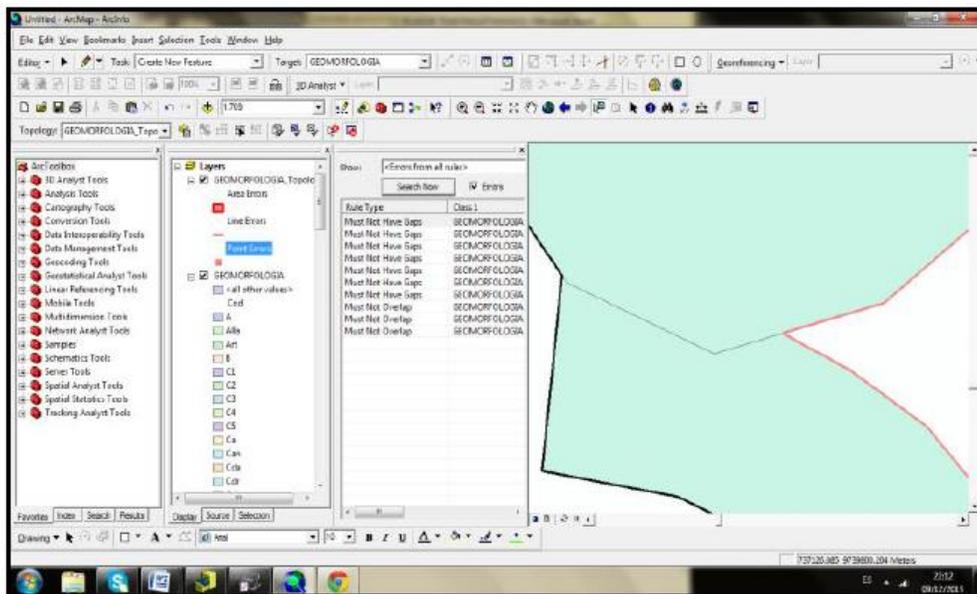
Siguiente y finalizar. Abrir un proyecto nuevo en el Arc Gis, añadir el archivo geomorfología topología.



Clic derecho y activar la barra de herramientas, topology. editor start editing, dentro de la barra de topología, activar el inspector de errores. Seleccionar el error clic derecho y crear polígonos en el caso de haber gaps.



Y en el caso de sobre ponerse se puede unir, a la geoforma mas grande.



4. Para finalizar, mediante el software ArcMap 10, se elaboraron el layout y la leyenda del mapa geomorfológico.

Anexo No. 28 Procedimiento para generar modelos de amenaza por FRM 1.

1. Adicionar los campos siguientes a la GDB, Geomorfología.

- P: ponderación de los rangos de pendientes según el tipo de movimiento en masa (integer). Lv: ponderación del valor de longitud de vertiente (integer).
- Sm: valor del factor morfométrico ($4P * Lv$) (integer).
- Sm_p: ponderación del factor morfométrico (integer).
- Sl_p: ponderación del factor litológico (integer).

2. Ponderación de factores: se ponderará los factores descritos anteriormente siguiendo los cuadros de ponderaciones establecidos anteriormente para cada tipo de movimiento en masa. El nombre del archivo una vez terminada las ponderaciones es: nombre del shape: evento_nombre_del_cantón

3. Realizar un dissolve de la tabla original respecto a los campos Sm_p y Sl_p, se explota el shape resultante. nombre del shape: evento_sm_sl.shp

4. En la tabla de atributos del shp de cobertura vegetal crear el campo Class_cob (text 50) y el campo Sc_p (integer). En el campo class_cob clasificar la cobertura vegetal en cultivos anuales, permanentes, bosques y etc.; de esta manera se puede trabajar con una clasificación más específica. En el campo Sc_p ponderar de acuerdo al cuadro de ponderaciones para cada tipo de movimientos en masa. El nombre del archivo una vez realizado estos procesos es: evento_nombre del cantón_Scp Realizar un dissolve a la tabla de uso y cobertura respecto al campo Sc_p, Explotar el shape resultante. nombre del shape: evento_Scp.shp

5. Realizar un identity entre los shapes evento_sm_sl.shp Explotar el shape resultante. nombre del shape: canton_sm_sl_sc.shp.

6. En el shape canton_sm_sl_sc.shp, crear una columna con el nombre área de tipo double, calcular el área de los polígonos en m².

7. Seleccionar los polígonos con áreas menores a 500 m², con estos polígonos seleccionados se utilizó la herramienta eliminate para eliminar los polígonos seleccionados. Recalcular el área. nombre del shape: canton_500.shp.

8. Seleccionar los polígonos con áreas menores a 1000 m², con estos polígonos seleccionados utilizar la herramienta eliminate para eliminar los polígonos seleccionados. Recalcular el área.

Nombre del shape: canton_1000.shp.

9. Seleccionar los polígonos con áreas menores a 5000 m², con estos polígonos seleccionados utilizar la herramienta eliminate para eliminar los polígonos seleccionados. Explotar el shape resultante. Recalcular el área. nombre del shape: canton_5000.shp.

10. Seleccionar los polígonos con áreas menores a 10000 m², con estos polígonos seleccionados utilizar la herramienta eliminate para eliminar los polígonos seleccionados. Explotar el shape resultante. Recalcular el área. nombre del shape: evento_canton.shp.

11. En el shape Dz_canton.shp crear las siguientes columnas en short integer.

- Tp_p Ponderación del factor precipitaciones (integer).
- Ts_p Ponderación del factor sismos (integer).
- SD valor de susceptibilidad por tipo de movimiento en masa (integer).
- SD_p ponderación del valor de susceptibilidad (integer).
- HD valor de amenaza por tipo de movimiento en masa (integer).
- HD_p ponderación del valor de amenaza (integer).
- Grado de amenaza por tipo de movimiento en masa (text 50).

12. Realizar un feature to point al shape Dz_canton. Activar la opción Inside. nombre del shape: centroides_canton.shp.

13. Realizar en dissolve a los shapes isoyetas.shp e isosistas.shp de acuerdo a los campos Tp_p y Ts_p respectivamente. nombre del shape: Tp_p.shp y Ts_p.shp

14. Realizar un select by location escogiendo cada polígono de isoyetas al shape centroides_canton.

15. Una vez escogidos los centroides pertenecientes a cada polígono de isoyetas realizar una selección adicional con estos centroides al shape Dz_canton.shp, a los polígonos seleccionados se debe dar la ponderación correspondiente según el valor del polígono escogido en el shape Tp_p.shp. Se realiza la operación con todos los polígonos de isoyetas existentes en el shape Tp_p.shp hasta completar las ponderaciones de la columna Tp_p en el shape Dz_canton.shp.

16. Realizar los pasos 15 y 16 para el shape Ts_p hasta completar la columna Ts_s en el shape evento_canton.shp.

17. Realizar un join spatial location del archivo centroide_cantón con el archivo Dz_nombre_cantón.

Una vez realizados estos procesos se debe tener completos los campos

- Sm_p ponderación del factor morfométrico
- Sl_p ponderación del factor litológico
- Sc_p ponderación del factor fisonomía vegetal
- Tp_p ponderación del factor precipitaciones
- Ts_p ponderación del factor sismos

18. Calcular el valor de SD utilizando la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Mediante la opción field calculator del programa Arc Gis.

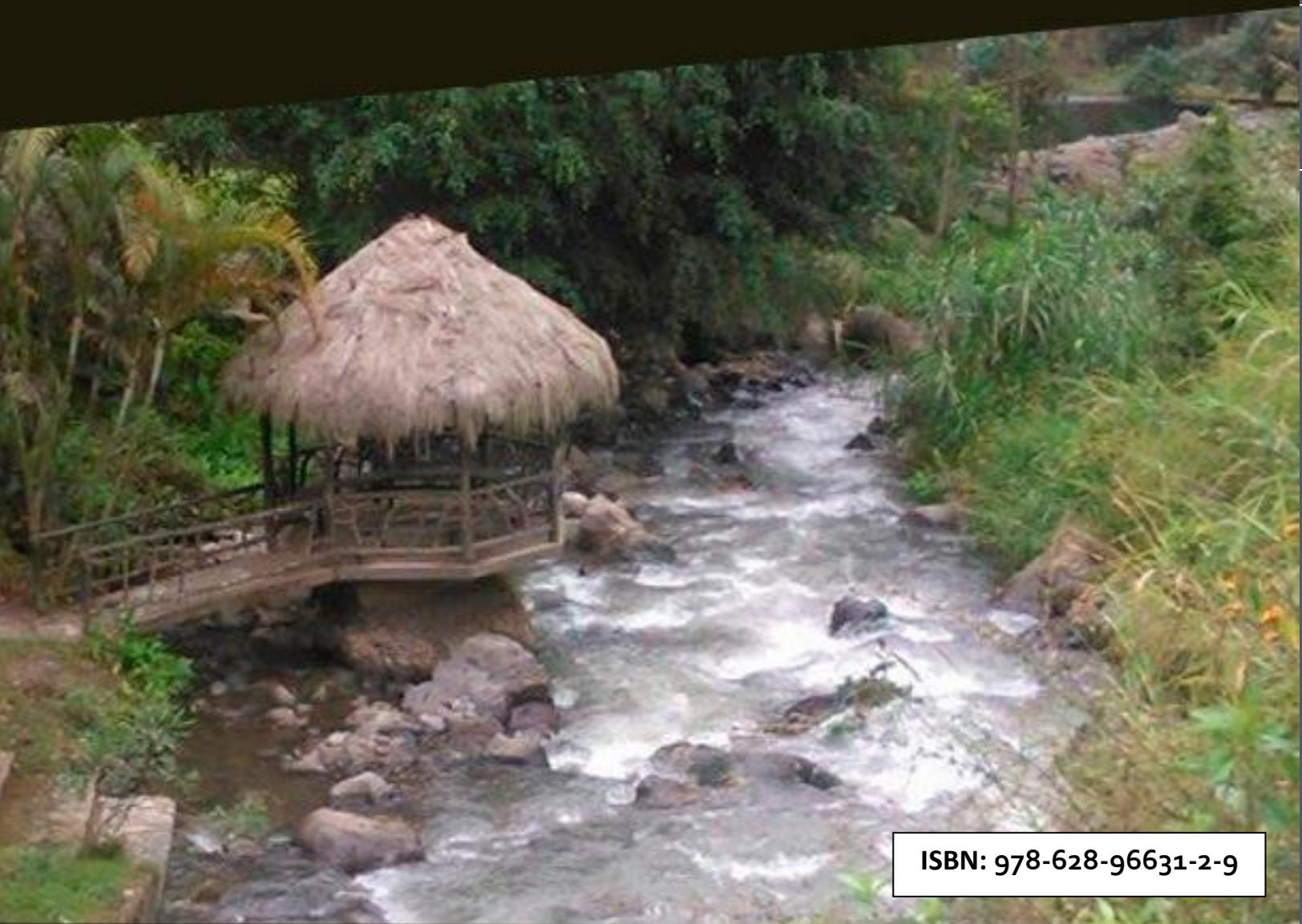
19. Ponderar los valores de SD según los cuadros de ponderación para cada tipo de movimiento en masa.

20. Calcular el valor de H_evento utilizando la Fórmula No. .

21. Ponderar los valores de H_evento según los cuadros de ponderación para cada tipo de movimiento en masa.

22. Colocar el grado de amenaza ya sea muy alto, alto, medio y bajo de cada tipo de movimiento en masa.

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



ISBN: 978-628-96631-2-9

Nataly Cristina Pavón Ayala
Ingeniera en Geología
natycris_88@hotmail.com

Oscar Vinicio Garzón Collahuazo
Ingeniero en Geología
ovgarzon@hotmail.com