



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

**La Universidad Católica de Loja**

## **AREA TÉCNICA**

**TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**“Mapa de inventario de movimientos de ladera de Vilcabamba”**

Trabajo de fin de Titulación.

**Autor:** Abarca Ambuludí, Paúl Alexander

**Director:** Soto Luzuriaga, John Egverto, M.Sc.

LOJA-ECUADOR

2014

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

M.Sc. Ingeniero

JOHN SOTO LUZURIAGA.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN DE GEOLOGÍA Y MINAS**

**De mi consideración:**

Que el presente trabajo de fin de titulación: **"Mapa de inventario de movimientos de ladera de Vilcabamba"** realizado por Abarca Ambuludí Paúl Alexander ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre del 2014.

.....

M.Sc. Ing. John Egverto Luzuriaga

**DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Abarca Ambuludí Paúl Alexander** declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: Mapa de inventario de movimientos de ladera de Vilcabamba, de la Titulación de Ingeniería en Geología y Minas siendo el Ing. John Egverto Soto Luzuriaga director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultado vertido en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Organico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. ....

Autor Abarca Ambuludí Paúl Alexander

Cédula 1900392331

## DEDICATORIA

Este trabajo de fin de titulación se lo dedico con todo mi corazón a mis padres Marilyn y Angel, quienes desde mis primeros pasos fueron mis primeros maestros que con todo amor y paciencia han logrado brindarme ese apoyo y motivación fundamental para lograr culminar mi carrera universitaria.

A mi *abuelita* Julia quien me supo acoger como un hijo más en su hogar.

A mis hermanos Diego, Emilio, María y Génesis que los quiero mucho.

A mis demás familiares y amigos (as) que de una u otra manera supieron aportar para el desarrollo de mis estudios universitarios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a Dios por su infinito amor, bondad y misericordia. Por todas las bendiciones recibidas y su compañía en todo momento.

A todo el personal docente de la Universidad Técnica Particular de Loja quienes con mucha vocación y esmero han sabido aportar sus conocimientos y experiencias durante mi formación profesional.

Al M. Sc. Ing. John Egverto Luzuriaga por su buena voluntad y empeño para brindarme sus enseñanzas y consejos como tutor guía de la presente investigación

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVOS .....	6
General: .....	6
Específicos: .....	6
CAPITULO I .....	7
1.1.    Ubicación .....	8
1.2.    Acceso .....	8
1.3.    Clima.....	9
1.4.    Geomorfología e hidrografía.....	9
1.5.    Contexto Geológico regional. ....	12
1.5.1.  Unidad Chigüinda.....	13
1.5.2.  Formación Loma blanca (Eoceno-Oligoceno). ....	13
1.5.3.  Formación Santo Domingo.....	13
1.5.4.  Formación Cerro Mandango.....	14
CAPITULO II .....	15
2.1.    Movimientos de ladera .....	16
2.1.1.  Nomenclatura.....	16
2.2.    Clasificación de Movimientos de ladera .....	16
2.2.1.  Caída (Fall) .....	17
2.2.2.  Volcamiento (Topple) .....	17
2.2.3.  Deslizamiento (Slide) .....	18
2.2.3.1. Deslizamiento traslacional (Translational slide) .....	19
2.2.3.2. Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump).....	19
2.2.4.  Propagación lateral .....	19
2.2.5.  Flujo (Flow) .....	20

2.2.6.	Reptación.....	20
2.2.7.	Movimientos complejos.....	21
2.3.	Inventario de Movimientos en Masa.....	21
CAPITULO III.....		26
3.1.	Documentación y recopilación de información.....	27
3.2.	Trabajos de oficina.....	27
3.2.1.	Fotointerpretación de la zona de estudio.....	27
3.2.2.	Análisis de ortofotos.....	28
3.2.3.	Elaboración de mapas preliminares.....	29
3.3.	Trabajo de campo.....	29
3.3.1.	Captura de datos para ficha de inventario de movimientos de ladera.....	29
3.3.2.	Medición de la morfometría de movimientos de ladera.....	30
3.4.	Trabajo de oficina final.....	31
CAPITULO IV.....		32
4.1.	Inventario de movimientos de ladera.....	33
4.1.1.	Deslizamientos.....	35
4.1.2.	Reptaciones.....	36
4.1.3.	Flujos.....	37
4.1.4.	Caída de rocas.....	37
4.1.5.	Movimientos complejos.....	38
4.2.	Factores que influyen en la inestabilidad.....	42
4.2.1.	Condicionantes.....	42
4.2.2.	Detonantes.....	46
CAPITULO IV.....		51
CONCLUSIONES.....		52
RECOMENDACIONES.....		53
BIBLIOGRAFÍA.....		54
ANEXO 1.....		57
FOTOGRAFÍAS AEREAS.....		57
ANEXO 2.....		59
FICHAS DE INVENTARIOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA.....		59
ANEXO 3.....		62
MAPA DE MOVIMIENTOS DE LADERA.....		62

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. 1 Ubicación geográfica de la Cuenca de Vilcabamba.....	8
Figura 1. 2 Elevaciones e hidrografía de Vilcabamba.....	10
Figura 1. 3 Geología regional del área de estudio.....	12
Figura 2. 1 Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento.....	16
Figura 2. 2 Esquema de la caída de rocas.....	17
Figura 2. 3 Tipos de volcamiento (Topple).....	18
Figura 2. 4 Tipos de deslizamiento.....	18
Figura 2. 5 Esquema de expansión lateral.....	20
Figura 2. 6 Tipos de flujos.....	20
Figura 2. 7 Esquemas de reptación y soliflucción.....	21
Figura 3. 1 Estudio de ortofotos.....	28
Figura 4. 1 Mapa de movimientos de ladera de Vilcabamba a escala 1:60.000.....	33
Figura 4. 2 Porcentaje de los movimientos de ladera por tipología en la zona de estudio. ...	34
Figura 4. 3 Porcentaje de área afectada con respecto al total de área de estudio. ....	34
Figura 4. 4 Porcentaje de los movimientos de ladera según la Geología de Vilcabamba. ....	35
Figura 4. 5 Distribución de los factores condicionantes según el total de casos. ....	43
Figura 4. 6 Distribución de los factores detonantes según el total de casos.....	46

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. 1 Zonas y geformas A) Valle tipo "V" en terrenos metamórficos. B) Valle tipo "U" en terrenos sedimentarios, terrazas aluviales. ....	11
Fotografía 1. 2 Chimeneas de Adas y zonas de erosión hídrica.....	11
Fotografía 3. 1 Estudio de fotointerpretación.....	28
Fotografía 3. 2 Mediciones de la morfometría de movimientos de ladera. ....	30
Fotografía 4. 1 Deslizamientos: A) Deslizamiento rotacional en movimiento complejo, sector linderos (MI-32). B) Deslizamiento traslacional, barrio Sacapo (MI-26). ....	36
Fotografía 4. 2 Movimientos reptacionales. A) ML-20 sector Mollepamba; B) ML-13 Vía a Cucanamá alto.....	36
Fotografía 4. 3 Movimientos de ladera tipo flujo. A) MI-08 sector Ishcailuma; B) MI-19 Vía a Yangana.....	37
Fotografía 4. 4 Movimiento de ladera tipo.....	38
Fotografía 4. 5 Movimientos complejos. A) Traslacional-Flujo, Sector Mollepamba (MI-10). B) Traslacional-Caída, sector Los Huilkos (MI-18).....	39

Fotografía 4. 6 Material limo-arcilloso de la Fm Santo Domingo A) Escarpe de deslizamiento MI-04. B) Grietas de desecación con presencia de Arcillas y limos, sector Linderos. ....	44
Fotografía 4. 7 Materiales sensibles y colapsibles A) Conglomerados saturados de la Fm. Cerro Mandango. B) Material coluvial del MI-13. ....	44
Fotografía 4. 8 Meteorización de los materiales. A) Oxidaciones en la Unidad Chiguinda, MI-05. B) Agrietamiento de suelos limosos de la Fm. Santo Domingo, MI-10. ....	45
Fotografía 4. 9 Orientación desfavorable de discontinuidades en la Unidad Chiguinda. A) Sector Sacapo MI-26. B) Sector Sacapo MI-27. ....	45
Fotografía 4. 10 Flujos de lodos y detritos a .....	47
Fotografía 4. 11 Corte en la pata del talud, MI-28. ....	48
Fotografía 4. 12 Carga en la corona de talud, MI-15. ....	48
Fotografía 4. 13 Irrigación en los cultivos del ML-21. ....	49
Fotografía 4. 14 Escape de agua de reservorio del MI-33. ....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Tipos de movimiento .....	22
Tabla 2. 2 Tipo de material. ....	23
Tabla 2. 3 Humedad del material. ....	23
Tabla 2. 4 Criterios para estimar cualitativamente .....	24
Tabla 4. 1 Resumen de movimientos de ladera. ....	39

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente tema de investigación se desarrolló en la parroquia de Vilcabamba cuyo propósito es actualizar la información en cuanto al inventario de movimientos de ladera según su tipología. Mediante una recopilación información proporcionada por el departamento de Geodinámica de la UTPL, la base teórica, fotografías aéreas y ortofotos se estableció una guía para el registro de los tipos de movimientos. Consecuentemente se realizó una validación en campo para el registro de los movimientos con las fichas del inventario propuestas por el "Grupo de Estándares para Movimientos en Masa" (GEMMA).

Como resultado se han inventariado un total de 34 movimientos de ladera: 5 deslizamientos rotacionales, 7 deslizamientos traslacionales, 7 flujos, 6 reptacionales, 2 caídas de rocas, 6 complejos y una propagación lateral. Finalmente se realizó mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) implementando el software Arcgis, el mapa final de movimientos de ladera a escala 1:30:000, en base a lo cual se pueda planificar el ordenamiento territorial, así como principio fundamental para las investigaciones futuras acerca de la vulnerabilidad y riesgos de Vilcabamba.

**Palabras clave:** Movimientos de ladera, fotografías aéreas, vulnerabilidad, riesgos.

## ABSTRACT

This research topic was held in the parish of Vilcabamba whose purpose is to update information regarding the inventory of landslides by type. By compiling information provided by the Department of Geodynamics of the UTPL, theoretical base, aerial photographs and orthophotos guidance established for recording the types of movements. Consequently validation was performed in the field to record the movements with the chips inventory proposed by the 'Grupo de Estándares para Movimientos en Masa' (GEMMA).

The result has been inventoried a total of 34 landslides: 5 rotational slides, translational slides 7 7 flows, 6 reptacionales, 2 rockfalls, 6 complexes and lateral spread. Finally was performed using techniques of Geographic Information Systems (GIS) implementing the Arcgis software, the final map of landslides at 1: 30: 000, based on which it can plan land use planning, as well as a fundamental principle future research on the vulnerability and risks of Vilcabamba.

**Keywords:** Slope movements, aerial photographs, vulnerability, risks.

## INTRODUCCIÓN

El presente tema de investigación impulsado por el Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, está encaminado a generar un mapa de inventario de movimientos de ladera en la parroquia de Vilcabamba.

El polígono de estudio abarca un área de 5.564,2 hectáreas en el cual se caracterizaron los diferentes tipos movimientos de ladera y se analizó la influencia que tiene la geología, pendientes y los diferentes procesos tanto exógenos, endógenos, naturales o antrópicos que afectan para que se activen estos fenómenos. La geología de esta área ha sido previamente descrita regionalmente principalmente por autores tales como: Kennerley 1973 y Hungerbühler 1997; y localmente por parte de investigadores del departamento de Geodinámica de la Universidad Técnica Particular de Loja.

El primer capítulo trata sobre la descripción del área de estudio: la ubicación geográfica y acceso al área de estudio también se menciona el clima, relieve, la hidrografía y la geomorfología parámetros que son base para el conocimiento del área a recorrer.

El segundo capítulo consiste en la compilación de los fundamentos conceptuales, en el cual se trata teorías, formularios, guías y principios que se utilizan en la presente investigación. La fundamentación teórica está planteada de acuerdo a una recopilación de varios autores (Varnes, 1958, 1978; Ayala et. al. 1987, Corominas y García Yagüe, 1997; Sharpe, 1938), que tratan acerca de las características y tipos de movimientos de ladera. Así mismo se describe un resumen aplicado a la realidad local de un instructivo para el diligenciamiento del formato de captura de datos propuesto por el "Grupo de Estándares para Movimientos en Masa" (GEMMA).

El tercer capítulo aborda la metodología que contó con la siguiente organización: documentación y recopilación de información. Trabajo de oficina inicial: consistió en el análisis de fotografías aéreas, ortofotos y elaboración de mapas preliminares (topográfico, de ortofoto). Trabajo de campo: el cual se lo realizó mediante un recorrido de la zona de estudio para la validación y el registro de los casos mediante fichas de inventario propuesta por el "Grupo de Estándares para Movimientos en Masa" (GEMMA). Trabajo de oficina final: se trata de la elaboración del mapa final de movimientos de ladera.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados sobre el inventario de movimientos de ladera y sobre los factores que influyen: los factores condicionantes y detonantes. Se realizó un análisis estadístico y descripción de las características de los movimientos tales como: tipo de

movimiento, área, tipo de material. En el quinto y último capítulo se realizó las respectivas conclusiones y recomendaciones según lo analizado tanto en el campo como en la oficina.

El presente estudio es de tal importancia para el Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, a través de la sección de Geodinámica, que desarrolla la línea de investigación relacionada con los riesgos geológicos, siendo este trabajo un componente base muy valioso para la planificación del ordenamiento territorial de la parroquia de Vilcabamba.

El resultado de esta investigación es un mapa de movimientos de ladera a escala 1:30.000, en el cual se georreferencia los diferentes tipos de movimientos de ladera en el sistema de coordenadas UTM WGS 84, que se realizó mediante un recorrido en el campo, análisis y procesamiento de la información empleando técnicas que se refieren a los sistemas de información geográfica (SIG).

## ANTECEDENTES

Los procesos de urbanización aumentan la susceptibilidad de las laderas urbanas a los deslizamientos, las zonas urbanas son las áreas que mayores riesgos han presentado en el pasado, relacionados con los deslizamientos. (Jaime Suarez, 2004).

El cantón Loja ha sido afectado por desastres naturales periódicamente, especialmente de tipo geológico (movimientos de ladera) en temporadas invernales, como el caso que sucede en la vía Loja-Vilcabamba, que desde el barrio Cararango hasta San Pedro de Vilcabamba presentan frecuentemente movimientos de ladera desde hace 35 años hasta la actualidad. En la parroquia Vilcabamba existe un crecimiento acelerado en construcción de viviendas por parte de la población local, nacional y extranjera; así como apertura de nuevas vías, a lo cual se suma las condiciones climáticas como lluvias, clima cálido y tropical, que han generado un crecimiento sin planificación del territorio, trayendo como consecuencia problemas de desestabilización de laderas, problemas constructivos y destrucción de infraestructura y pérdidas económicas.

Ante esta situación la Universidad Técnica Particular de Loja a través de la sección departamental de Geodinámica ha optado por generar una base de datos de movimientos de ladera.

La sección departamental de Geodinámica de la UTPL viene realizando investigaciones desde el año 2010 por secciones acerca de la geología y movimientos de ladera a escala 1:10.000. Hasta el año 2011 se ha logrado una recopilación de 14 movimientos localizados en las parroquias Vilcabamba y San Pedro de Vilcabamba.

Por tanto este trabajo pretende actualizar el inventario de movimientos de ladera, y que a futuro junto a otros datos, sean un aporte para la planificación del territorio.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

- Generar un mapa de inventario de movimientos de ladera en la cuenca sedimentaria de Vilcabamba

### **Específicos:**

- Realizar fotointerpretación de movimientos de ladera de la cuenca sedimentaria de Vilcabamba.
- Validación de campo con la generación de las fichas de inventario de movimientos de ladera.
- Generar mapa de movimientos de ladera y base de datos con el uso del ArcGis incorporando la geología y movimientos de ladera.

**CAPITULO I**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS**

## 1.1. Ubicación

El área corresponde a la cuenca sedimentaria de Vilcabamba de la parroquia del mismo nombre, parroquia del cantón Loja y provincia Loja. Ubicada al Sur en la Sierra Austral del Ecuador. Está situado a 40 km de la ciudad de Loja y a 10 km de Malacatos. Es un valle a 1.700 metros de altura sobre el nivel del mar (Figura 1.1).

La cuenca está delimitada hacia el Norte con las Lomas: Uchima, Cerro Minas, Filo de Congoya, Loma, Loma Tuco, Loma Panecillo, Loma Cobradía. Por el Este limita con la Loma Guarango y la zona montañosa típica de la cordillera central de los andes. Por el Sur limita con la Loma Chichilpamba, Cerro Sucurcuime, Cerro Sananangui. Por el Oeste tenemos las lomas Mandango, Malaca y el Cerro campana.

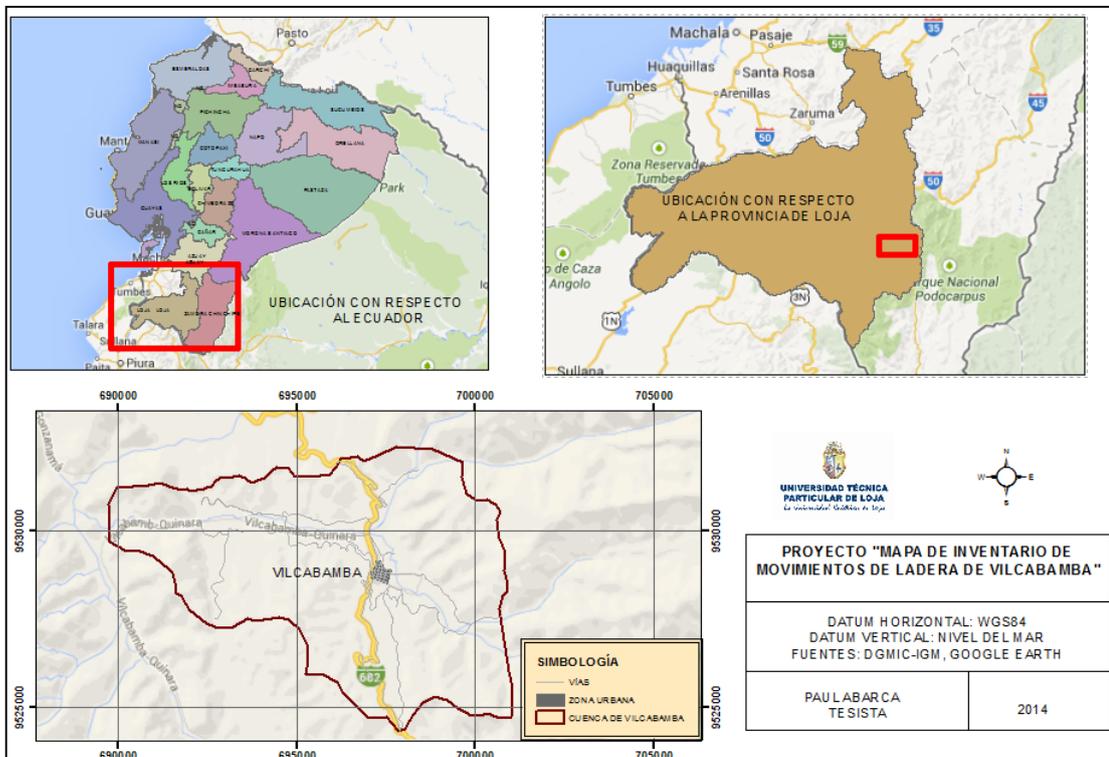


Figura 1. 1 Ubicación geográfica de la Cuenca de Vilcabamba.  
Fuente: Abarca, 2014

## 1.2. Acceso

Para la zona de estudio se debe ingresar desde la ciudad de Loja hacia el Sur en un recorrido de 50 minutos aproximadamente en automóvil por carretera de primer orden (vía Colectora E682) la cual consta de dos carriles, a la izquierda sin desviarse a la parroquia Malacatos y pasando por la parroquia de San Pedro de Vilcabamba se llega a la Parroquia de Vilcabamba

la cual consta con vías de primer y segundo orden en su estructura vial para acceder a cada uno de los sitios de estudio.

### **1.3. Clima.**

El clima de Vilcabamba es subtropical templado; a veces llamado orgullosamente por la gente local "primavera eterna". A las elevaciones más bajas, la temperatura varía entre 13 y 24°C, con un promedio de 20°C. (Rebecca Aird and Anthony Leaning, Guías naturistas)

Las lluvias: El contraste entre la estación lluviosa y la sequía es sorprendente. Por ejemplo, la borrasca total en el mes de febrero está normalmente alrededor de 140 mm, mientras la lluvia en agosto llega a sólo 15 mm. La estación lluviosa empieza en octubre o noviembre, pero durante estos meses, todavía hay muchos días sin lluvia. La mayor parte de la precipitación anual de 800mm en el valle, cae en los meses desde diciembre hasta abril.

### **1.4. Geomorfología e hidrografía**

El contexto geomorfológico está constituido por terrenos comprendidos entre las cotas que van desde los 1.440 a los 2.200 m.s.n.m. (Figura 1.2). El área de estudio está caracterizado por un relieve en etapa de Madurez según el "Ciclo de Davis", el cual ha sido modelado por varios factores como: el clima, la meteorización (química y física), las fuerzas tectónicas, la composición de la litología y las características estructurales. La forma de la red hídrica es de tipo dendrítica debido a las rocas blandas de la cuenca sedimentaria.

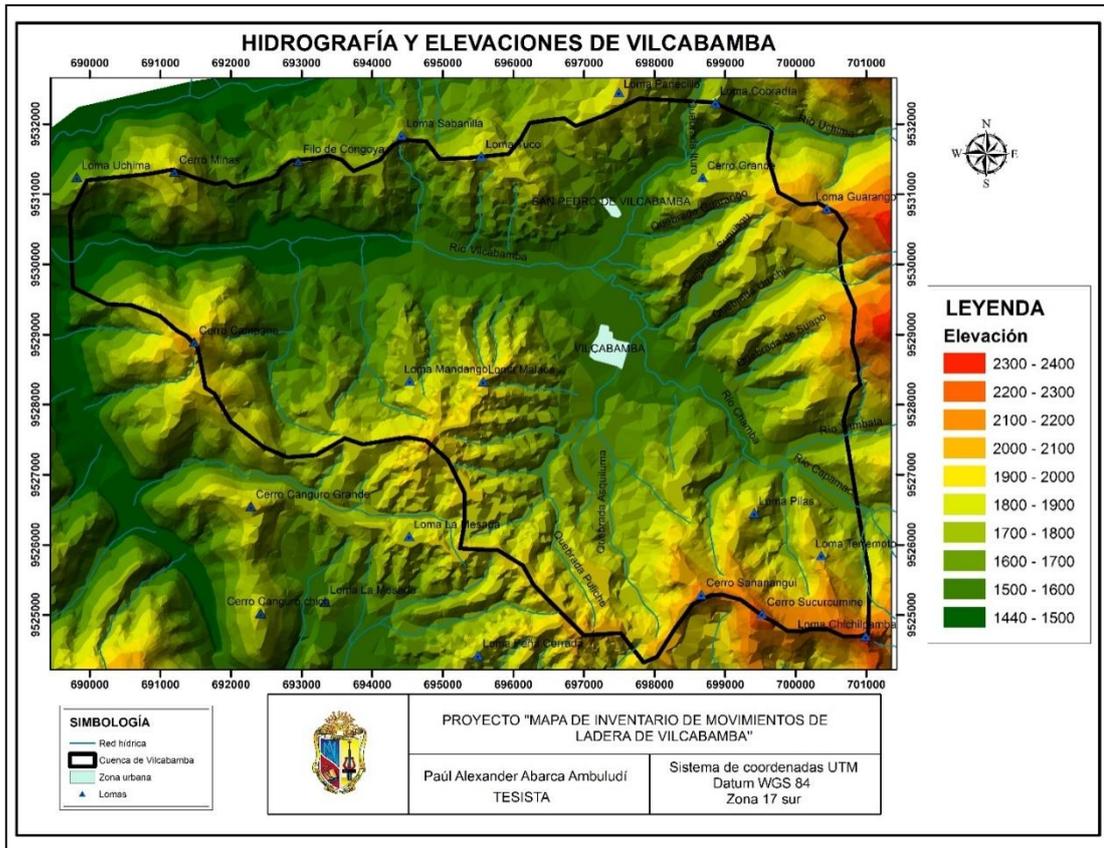


Figura 1. 2 Elevaciones e hidrografía de Vilcabamba.  
Fuente: Abarca, 2014.

El sistema hidrográfico principalmente está representado en su parte más baja por el río Vilcabamba el cual es alimentado por las quebradas: Ituro, Guarango, Sunungu, Uruchi, Suapo, Asquiluma, Puliche y por los ríos: Chamba y Uchima (Figura 1.2).

El área de estudio está constituido por valles tipo "U" formadas generalmente en terrenos sedimentarios y "V" formadas en las partes más altas donde afloran rocas duras como las metamórficas (Fotografía 1.1).



Fotografía 1. 1 Zonas y geoformas A) Valle tipo "V" en terrenos metamórficos. B) Valle tipo "U" en terrenos sedimentarios, terrazas aluviales.  
Fuente: Abarca, 2014.

Las terrazas y llanuras aluviales están formadas por terrenos planos que se encuentran a las riveras de los ríos Vilcabamba, Uchima y Chamba. Zonas de erosión hídrica, ocurren en la Formación Cerro Mandango, la cual está conformada por conglomerados y areniscas que debido a la erosión hídrica forman surcos, cárcavas, escarpes pronunciados y geoformas de erosión columnar llamadas "Chimeneas de Adas" (Fotografía 1.2). En algunos sitios se forman frentes de cuesta por la exposición de taludes rocosos cuyas pendientes rodean el 70%.



Fotografía 1. 2 Chimeneas de Adas y zonas de erosión hídrica.  
Fuente: Abarca, 2014.

### 1.5. Contexto Geológico regional.

La cuenca de Vilcabamba se encuentra formada por depósitos terciarios que según, J. B. Kennerley (1973), los cuales se encuentran bajo presiones falladas y casi enteramente dentro de terrenos metamórficos de la serie Zamora. Los depósitos están conformados por las siguientes unidades litoestratigráficas: la Formación Loma Blanca que consiste en un aglomerado basal cubierto por toba aglomerática, la Formación San Cayetano de edad Miocénica, que descansan discordantemente sobre el basamento metamórfico de rocas de edad Paleozoica de la serie Zamora, la Formación Quillollaco compuesta por cantos rodados de edad Mio-Plioceno se encuentra subyaciendo discordantemente sobre la Formación San Cayetano.

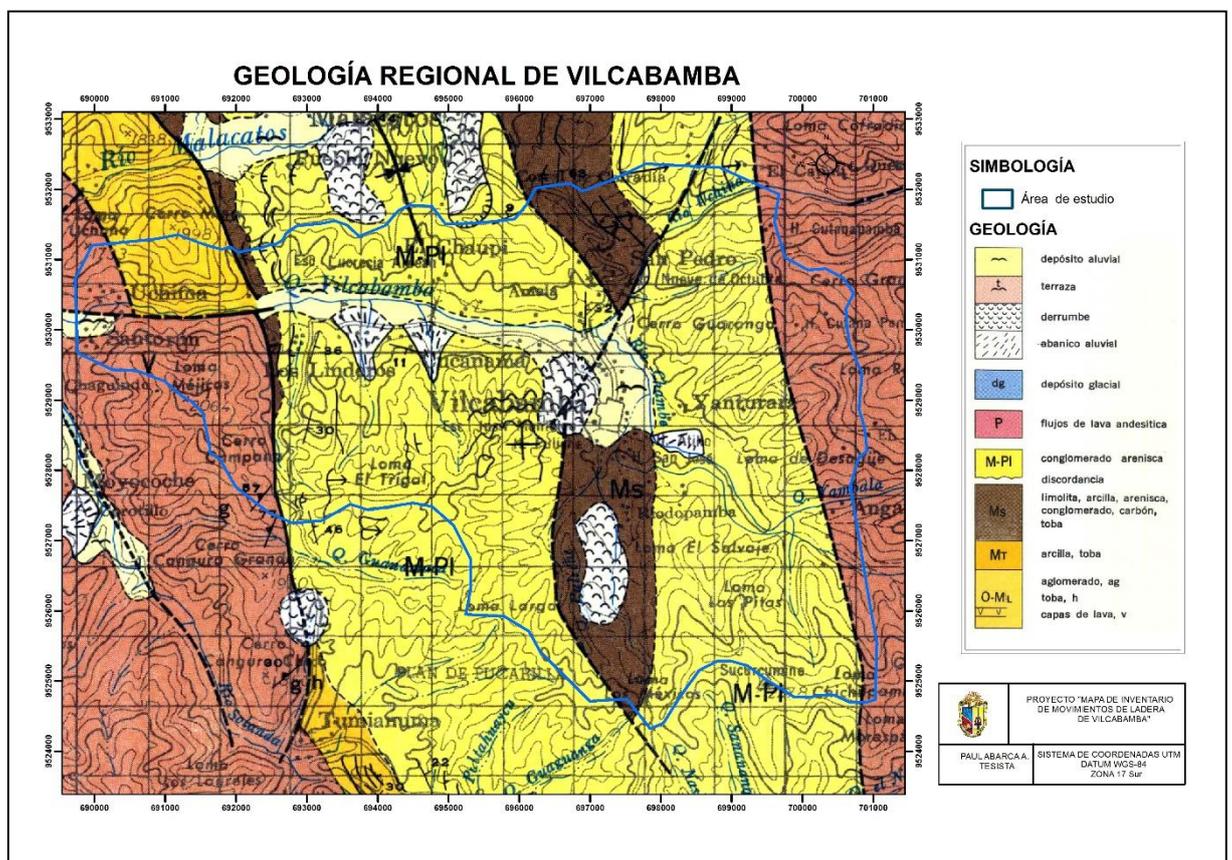


Figura 1. 3 Geología regional del área de estudio.

Fuente: Carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100000, J.B. Kennerley, 1970.

La cuenca Malacatos-Vilcabamba en años siguientes fue estudiada por otros investigadores (Litherland et al., 1994 y Hungerbühler, 1997) los cuales han dado nuevos nombres a las

Formaciones descritas por Kennerley, mismas que definen como rocas Meta-Sedimentarias del Paleozoico a la Unidad Chigüinda, que forma parte del basamento de la cuenca formado por cuarcitas, filitas negras, esquistos grafiticos y pizarras.

Según Hungerbühler, 1997; asigna el nombre de Formación San José a la conocida Formación Trigal, Formación Santo Domingo a la Formación San Cayetano y Formación Cerro Mandango a la Formación Quillollaco.

#### **1.5.1. Unidad Chigüinda.**

Compuesta por filitas cuarcitas micaesquistos, esquistos grafiticos, y pizarras su edad corresponde a unos 168 millones de años. El espesor no es conocido pero se asume que es de varios kilómetros (Hungerbühler, 1997).

Las rocas de grado bajo consisten en filitas, esquistos sericiticos, esquistos cuarciticos y cuarcitas. Los esquistos grafiticos son conspicuos en el lado W entre Loja y Malacatos. Al E, como el grado de metamorfismo aumenta se ven esquistos biotítico-muscovíticos, gneis y gneis graníticos de grano grueso. El rumbo general de la foliación es N-S a NNE-SSN.

#### **1.5.2. Formación Loma blanca (Eoceno-Oligoceno).**

Conformado por rocas de composición acida intermedia de piroclastos, principalmente ignimbritas, cristal de piedra pómez, tobas y brechas volcánicas. Los diques y sills indican la proximidad a un centro eruptivo. Las tobas que son dominantes al Sur, son generalmente amarillas y de composición andesítica, contienen abundantes cristales de cuarzo y fragmentos de filita.

La Formación Loma Blanca a menudo se confunde con la Formación Saraguro, pero a pesar de las similitudes litológicas, fueron claramente erupcionadas y depositadas en diferentes tiempos y en diferentes regiones geográficas (Hungerbühler, 1997).

#### **1.5.3. Formación Santo Domingo.**

Su espesor es de 700 metros y está dividida en dos miembros:

*El Miembro Carbón* compuesto de repetidas secuencias de pozos estratificados bituminosos, pizarras negras y limonitas menores, en parte areniscas canalizadas con intervalos de

estratificación cruzada y laminaciones onduladas tipo ripple. Las pizarras bituminosas presentan contenidos de hidrocarburos (Litherland et al., 1994).

El *Miembro de Yeso* verdoso, de grano medio, areniscas bien clasificadas con laminaciones onduladas tipo ripple y láminas de limonita. Las facies y la mineralogía de Formación Santo Domingo implica ajuste de depósitos deltaicos costeros con predominio de las mareas y entornos pantanosos, similar a los de la formación San José.

#### **1.5.4. Formación Cerro Mandango.**

La Formación ocurrió dentro de un geosinclinal entre Vilcabamba y Malacatos, es de orientación SSE-NNW (Kennerley, 1973), con un espesor de hasta 100 m; sobre yace la Formación Santo Domingo y antiguas rocas metamórficas con disconformidad angular y en parte asoma concordante sobre la formación Quinara.

El miembro arenisca se trata de una estratificación ondulada y cruzada, areniscas de grano medio y grueso, capas y láminas de gravas con clastos metamórficos, areniscas de grano grueso, gravas con guijarros metamórficos, en menor cantidad limonitas. El miembro arenisca que consta en el miembro conglomerado, se caracteriza por canales anchos, clastos (metamórficos) sosteniendo los conglomerados, areniscas gruesas y en poca cantidad limonitas. La sucesión de facies corresponde a la transición de una carga de fondo denominada sistema arenoso fluvial y de un abanico aluvial, que va desde el Sur hacia el Norte.

**CAPITULO II**  
**MARCO CONCEPTUAL**

## 2.1. Movimientos de ladera

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos pendiente abajo de una masa de roca, detritos o de tierra por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Se incluye cualquier tipo de movimiento en masa (se excluye por tanto la erosión), excepto la subsidencia y el hundimiento kárstico (Fernández, 2001). Los hundimientos de cavidades o de materiales no se consideran estos movimientos (Varnes, 1978).

### 2.1.1. Nomenclatura.

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

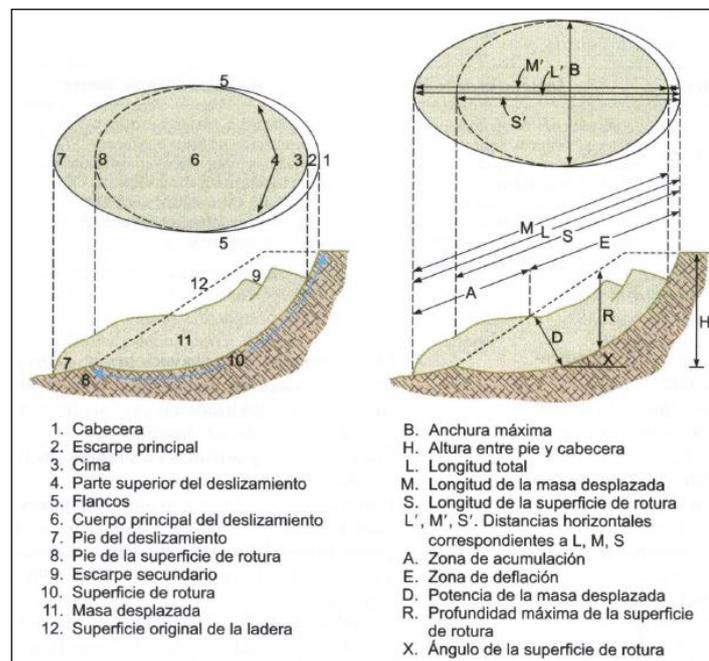


Figura 2. 1 Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento.

Fuente: González de Vallejo, 2002.

## 2.2. Clasificación de Movimientos de ladera

Para la clasificación de movimientos de ladera, la presente investigación se apoya en publicaciones anteriores (Varnes, 1958, 1978; Ayala et. al. 1987, Corominas y García Yagüe, 1997; Sharpe, 1938) entre otros autores, y se basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento utilizando básicamente criterios morfológicos. Estos

movimientos de ladera dependerán del tipo de movimiento y de la naturaleza de los materiales inestables, es decir, en la clasificación suelo-roca de estos.

Se consideran las siguientes clases de movimientos de ladera: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones y sus sub-clasificaciones.

### 2.2.1. Caída (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

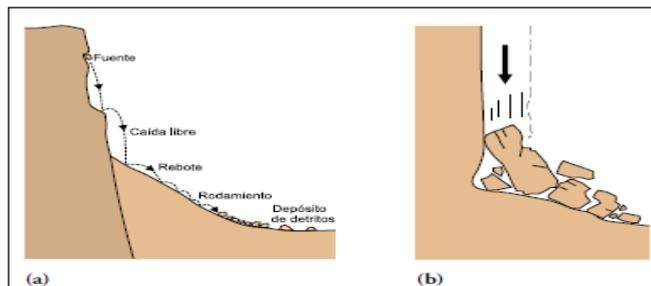


Figura 2. 2 Esquema de la caída de rocas  
Fuente: Corominas y Yague (1997)

### 2.2.2. Volcamiento (Topple)

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación.

Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas. El vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales

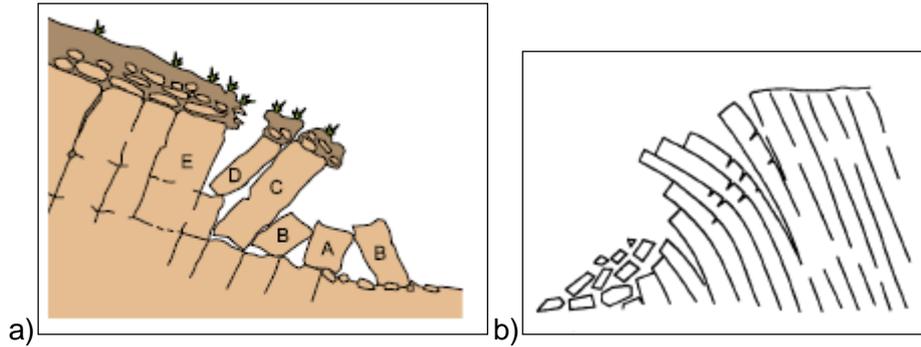


Figura 2. 3 Tipos de volcamiento (Topple).  
 Fuente: a) Volcamiento en bloque (De Freitas y Waters 1973 en Varnes, 1976),  
 b) Volcamiento flexural (Corominas y García Yagüe, 1997).

### 2.2.3. Deslizamiento (Slide)

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.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

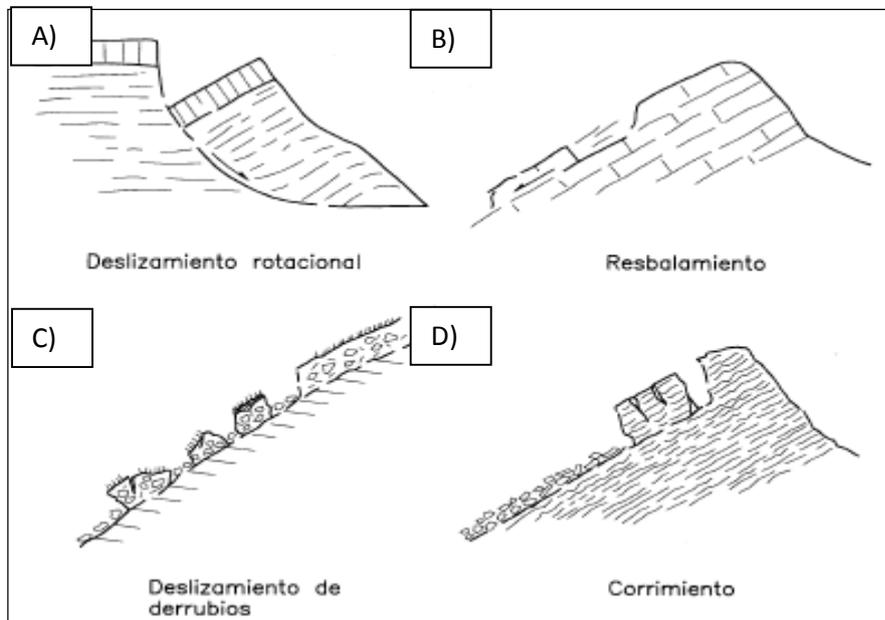


Figura 2. 4 Tipos de deslizamiento.  
 Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997.

#### **2.2.3.1. Deslizamiento traslacional (Translational slide)**

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, 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) (ver figura 2.4: B, C, D).

#### **2.2.3.2. Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)**

Deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad pre-existentes (Cruden y Varnes, 1996) (ver figura 2.4: A).

#### **2.2.4. Propagación lateral**

La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material.

La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión. Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo.

Varnes (1978) distingue dos tipos de propagación, uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico.

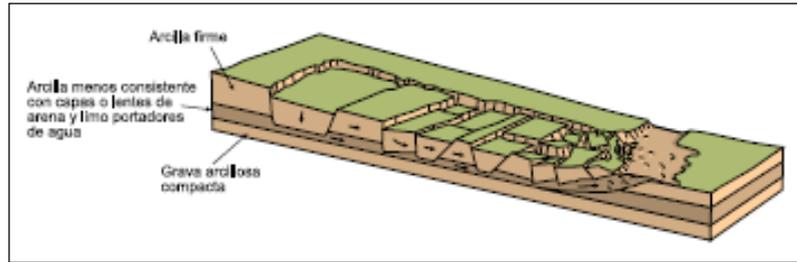


Figura 2. 5 Esquema de expansión lateral.  
Fuente: Varnes (1978).

### 2.2.5. Flujo (Flow)

Bajo este sustantivo se agrupan a diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie de desplazamiento (Varnes, 1978). En algunos casos la superficie de rotura se puede asimilar a toda una franja de deformación. Las diferencias estriban en el material implicado, su contenido en agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (flujos de rocas). Los más comunes son los movimientos en suelo (flujos o coladas de tierra o barro), movimientos de derrubios (flujos de derrubios) o bloques rocosos (flujos de bloques).

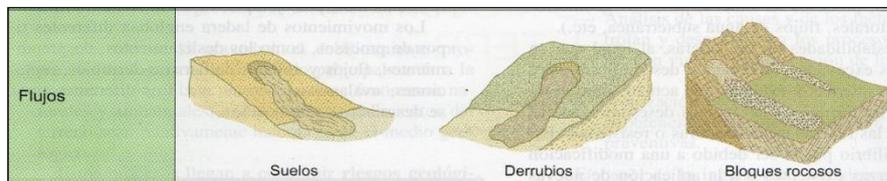


Figura 2. 6 Tipos de flujos.  
Fuente: González de Vallejo, 2002.

### 2.2.6. Reptación

La reptación es un movimiento extremadamente lento que es imperceptible excepto para largos períodos de tiempo (Sharpe, 1938). No muestra superficies de cizalla definidas. Son desplazamientos, inicialmente muy lentos, que se aceleran progresivamente y que preceden a la rotura de la ladera (Zischinsky 1966).

La velocidad de desplazamiento del suelo es lo suficientemente lenta para que la vegetación de los prados alpinos resista y crezca al mismo tiempo que el avance de las partículas, dando lugar a guirnaldas herbáceas paralelas a las curvas de nivel (Corominas, 1989).

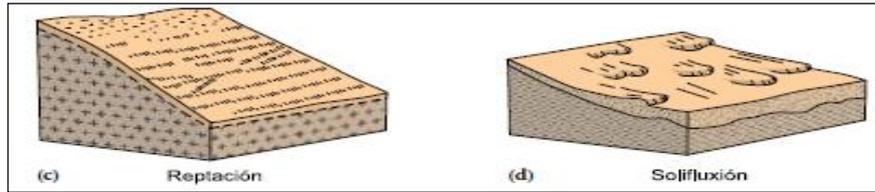


Figura 2. 7 Esquemas de reptación y solifluxión  
Fuente: Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

### 2.2.7. Movimientos complejos

Con frecuencia, los movimientos de ladera implican uno o más tipos de los movimientos descritos con anterioridad. Los movimientos de masa complejos se manifiestan por las diferentes partes de la masa movilizada o por las distintas etapas del desarrollo de los movimientos (Varnes, 1978). Así, es común que una masa comience a moverse con un determinado tipo de rotura y posteriormente evolucione en su desplazamiento a otro tipo de movimiento.

### 2.3. Inventario de Movimientos en Masa

Es un registro ordenado de la localización y las características individuales de una serie de movimientos ocurridos en un área. El formulario que se propone es un instrumento para la recolección sistemática de información básica de un movimiento en masa, parte de la cual se debe recopilar en campo y otra posiblemente requiera trabajo de oficina. En ocasiones, todo el formulario podría completarse a partir de información documental disponible.

Se busca contar con una información completa y precisa sobre todos los aspectos involucrados en un movimiento en masa, es de advertir que el modelo de inventario propuesto no es en sí mismo un estudio detallado de estos aspectos, sino la compilación de datos básicos para localizar en el espacio y el tiempo un conjunto de movimiento en masa y sintetizar sus rasgos más característicos de acuerdo con atributos de tipo geológico, geomorfológico, geotécnico y de efectos causados.

### 2.4. Instructivo para el diligenciamiento del formato de captura de datos

El formato propuesto por el "Grupo de Estándares para Movimientos en Masa" (GEMMA), para la captura de datos que se presenta en este capítulo se divide en grandes temas de

información sobre el movimiento en masa, que a su vez agrupan aspectos particulares de cada uno de ellos, los cuales son:

- **Encabezado:** Aparte del título del formulario, en el encabezado se solicita información como el nombre del encuestador, fecha, institución, código del evento, institución código del evento.
- **Localización geográfica y documental del evento:** Para ello, el formulario solicita información como la división política, coordenadas, referencia geográfica, documentación.
- **Actividad del movimiento:** Este campo permite registrar la historia de ocurrencia del movimiento bien sea para el caso de un movimiento único en el tiempo o para eventos de reactivación o de recurrencia del mismo tipo de movimiento en el mismo sitio.
- **Litología y estratigrafía:** En la cual se hace una descripción de la litología y estratigrafía del área que conforma la ladera sobre la que ocurrió el movimiento, además de los datos estructurales de las discontinuidades.
- **Clasificación del movimiento:** Se estima que la información solicitada bajo este tema, mas aquella de otros temas del formulario, puede ser suficiente para clasificar el tipo de movimiento en masa de acuerdo con alguno de los varios sistemas de clasificación propuestos por diferentes autores.
- **Tipo de movimiento:** En este espacio se propone una lista de ocho (8) tipos de movimientos con dos opciones para marcar en cada uno, ya que usualmente un evento de movimiento en masa suele involucrar más de un tipo de mecanismo.

Tabla 2. 1 Tipos de movimiento

1	2	
X		Caída
		Volcamiento
		Deslizamiento rotacional
		Deslizamiento traslacional
		Propagación lateral
		Reptación
	X	Flujo
		Deformaciones gravitacionales

Fuente: Inventario de movimientos en masa PMA-GCA, 2005

- **Material:** Para el tipo de material se presentan dos alternativas que el encuestador debe completar de acuerdo con la información disponible. La primera está dada en términos de roca, detritos y tierra de acuerdo con la propuesta de Varnes (1978). La otra aplicaría

únicamente para suelos para ingeniería y se solicita la información necesaria para su clasificación de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (USCS).

Tabla 2. 2 Tipo de material.

1	2		% 1	%2
X		Roca	100	
	X	Detritos		80
	X	Tierra		20

Fuente: Inventario de movimientos en masa PMA-GCA, 2005

La humedad del material hace referencia a la masa total de material involucrado en el movimiento, pero únicamente aplicaría para aquella parte que corresponde a los suelos para ingeniería.

Tabla 2. 3 Humedad del material.

Humedad	Criterio	Equivalencias con ensayos de laboratorio	
		Humedad con relación a los límites de consistencia	Saturación S (%)
Seco	Material sin rastros de agua	Humedad por debajo del límite de contracción	0
Ligeramente húmedo	Material con rastros de agua pero difícil de visualizar o sentir al tacto	Humedad por encima del límite de contracción y por debajo del límite plástico	$0 < S < 80$
Húmedo	Material húmedo al tacto	Humedad entre el límite plástico y el límite líquido	$80 < S \leq 100$
Muy húmedo	El agua aflora a la superficie cuando una muestra se exprime con una ligera presión en las manos	Humedad en el límite líquido o ligeramente mayor	$S = 100$
Mojado	Material lodoso con comportamientos como un líquido	Humedad mucho mayor al límite líquido	$S = 100$

Fuente: Inventario de movimientos en masa PMA-GCA, 2005.

La plasticidad igualmente, debe estimarse a partir de observaciones o pruebas sencillas de campo, a menos que se tengan valores cuantitativos de ensayos de laboratorio.

Tabla 2. 4 Criterios para estimar cualitativamente la plasticidad de un material, estándares ASTM.

Plasticidad	Descripción del material	Equivalencia con ensayos de laboratorio
Alta	Arcillas inorgánicas de apariencia grasosa, limos inorgánicos	LL>50
Media	Arcillas magras, limos	35<LL<50
Baja	Arcillas inorgánicas, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca con algún contenido de arcillas o limos	LL<35
No plástico	Gravas, arenas, polvo de roca, suelos gravosos o arenosos con muy bajo contenido de finos	No es posible realizar el ensayo

Fuente: American Society for Testing and Materiales

Debe indicarse el **origen del suelo** donde ocurrió la falla, en caso de que se tengan suelos de diferentes orígenes. Este aspecto debería indicarse gráficamente en el esquema del movimiento.

En caso de contar con información de ensayos de clasificación de suelos, en el campo respectivo se debe consignar las iniciales correspondientes de la clasificación de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). Por ejemplo: CH, CL, GW, GP, SW, SP.

- **Velocidad:** Se debe rellenar las casillas con "M" si es medida por ejemplo con algún tipo de instrumento, "C" si fue obtenida a partir de cálculos basados en mediciones indirectas y "E" si fue estimada sobre la base.

- **Clasificación del movimiento:** En el casillero "*Sistema de Clasificación*" se escribe el nombre del sistema, por ejemplo: Varnes (1978). En el casillero "*Nombre del Movimiento*" se escribe el nombre de acuerdo a ese sistema de clasificación, por ejemplo: flujo de tierra.

- **Morfometría:** Este tema se divide en el formulario en los siguientes aspectos:

General, Se refiere a las características geométricas generales de la ladera una vez ocurrida la falla.

Dimensiones, La definición de las dimensiones lineales del movimiento se encuentra en la figura 7.

Deformación del terreno, Este aspecto aplicaría únicamente para movimientos tipo deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, propagación lateral, reptación y deformaciones gravitacionales profundas.

La calificación del grado de severidad de cualquiera de los casos que se escoja tiene tres niveles: leve, media y severa.

- **Causas del Movimiento:** El formulario presenta un extenso listado de las posibles causas del movimiento. Ya que varias de ellas pueden actuar bien como Condicionante o como Detonante del movimiento, se requiere indicar en los cuadros correspondientes todas aquellas que correspondan según el caso. En algunas como el sismo o las lluvias, se requiere la información adicional que se indica al frente de ellas.

Condicionante (contributing factor): Contribuyente (Co). Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Detonante (trigger): Disparador, desencadenante, gatillante (Ch). Acción, o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera y la sobrecarga de una ladera.

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA**

### **3.1. Documentación y recopilación de información.**

Se realizó una recopilación y unión de toda la información existente de esta cuenca mediante la revisión de tesis realizadas por ex alumnos de la Titulación de Geología y Minas acerca de estudios geológicos e inventarios de movimientos de ladera de la Cuenca Vilcabamba.

Dentro de los cuales consta: mapa geológico regional, mapas urbanos, documentos de investigación realizadas por el departamento de Geodinámica de la UTPL., Fotografías aéreas a escala 1:60.000 y ortofotos a escala 1:5.000 del Instituto Geográfico Militar, base topográfica de la parroquia de Vilcabamba del Instituto Geográfico Militar la cual consisten en las cartas topográficas: Gonzanamá (NVII,B3) y Vilcabamba (NVII,B4), Información del levantamiento realizado por J.B Kennerley y la Geodinámica del Sur del Ecuador propuesta por Hungerbühler de la zona de Malacatos y Vilcabamba en 1.997.

### **3.2. Trabajos de oficina.**

#### **3.2.1. Fotointerpretación de la zona de estudio**

Mediante la fotointerpretación se realizó el estudio de la superficie para definir los rasgos litológicos, hidrológicos y como movimientos de laderas presentes hasta el año 1.986 en el cual fueron levantadas por el IGM las fotos de la línea de vuelo 14 que van desde la 2.872 hasta la 2.874 (Fotografía 3.1).

El procedimiento consistió en visualización y análisis de fotografías aéreas con los siguientes materiales:

- Láminas de acetato
- Marcadores permanentes
- Utilizando un estereoscopio de espejos tipo Topcon
- Cinta adhesiva Scotch, cuaderno y lápiz



Fotografía 3. 1 Estudio de fotointerpretación.  
Fuente: Abarca, 2014.

### 3.2.2. Análisis de ortofotos

Se realizó interpretación de la superficie mediante el uso de ortofotos a escala 1:5.000 las cuales permitieron identificar y definir mediante el color, tonalidad, aspecto los diferentes movimientos de ladera identificables por este medio, su influencia en la superficie y las redes fluviales de la zona (Figura 3.1).



Figura 3. 1 Estudio de ortofotos.  
Fuente: Abarca, 2014.

Una vez analizadas las fotografías se procedió a constatar la información georreferenciar y dibujar en el mapa mediante el software ArcGis.

### **3.2.3. Elaboración de mapas preliminares**

Una vez realizada la fotointerpretación y recopilación se procedió a realizar un mapa preliminar basándose en la geología regional y local, este trabajo consistió en analizar y geo-referenciar toda la información existente acerca de los movimientos de ladera hasta la fecha inventariados. Esta información sirvió como base para realizar la validación de campo.

Se toma como base topográfica la cartografía del Instituto Geográfico Militar a 1:50 000 la cual está georreferenciada con el Datum WGS 1984 Zona 17 Sur

### **3.3. Trabajo de campo**

Una vez realizados los mapas preliminares se procedió a la validación de campo que consiste en recorrer la zona de estudio y ubicación geográfica de cada uno de los movimientos de ladera, estructuras y todo lo relacionado con la investigación previa realizada en el laboratorio con la finalidad de corroborar la información y localizar nuevos movimientos de ladera.

El equipo a utilizar consiste en cámara fotográfica, Gps garmin, fichas de inventario de movimientos de ladera, brújula Brunton, martillo, machete, libreta de campo, lápiz de carboncillo, escalímetro, mapas.

En esta etapa se realizó las siguientes actividades:

#### **3.3.1. Captura de datos para ficha de inventario de movimientos de ladera.**

Para el presente estudio se ha modificado las fichas del inventario propuestas por el “Grupo de Estándares para Movimientos en Masa” (GEMMA), las cuales se rellenaron con los siguientes parámetros fundamentales para el registro de movimientos de ladera:

- Datos generales, los cuales incluyen el número, fecha, ubicación, datum, institución que realiza, código de fotografías, referencias del mapa y coordenadas.
- Actividad del movimiento, en la cual consta información como fechas de ocurrencia, estado, estilo y distribución.
- Litología y estratigrafía, estos casilleros se los llena solo en casos de movimientos en macizos rocosos donde es necesario tomar datos como: descripción, estructura, orientación y espaciamiento.

- Tipo de movimiento, ya sea caída, volcamiento, deslizamiento (rotacional o reptacional), propagación lateral, colapso, flujo.
- Material, mediante el reconocimiento de afloramientos se toma datos de campo referentes a las características del suelo y rocas tales como: humedad, origen del suelo y plasticidad.
- Velocidad, en dependencia del tipo de movimiento se estima su velocidad aproximada.
- Causas, se hace el reconocimiento de los condicionantes y detonantes del movimiento mediante las características que presenta o en base a la información recopilada.
- Daños, se registra toda la infraestructura y materiales que han sido afectados por el movimiento ya sea directa o indirectamente.
- Dibujo de esquema en planta y perfil, registro fotográfico.

### 3.3.2. Medición de la morfometría de movimientos de ladera.

Las mediciones se realizan en base a la nomenclatura del movimiento. Se toman todas las medidas en los movimientos que tienen las morfometrías definidas (deslizamientos) y en los demás casos se toman solo datos disponibles (Fotografía 3.2). En las zonas de difícil acceso se toma coordenadas y se calcula del movimiento en base a las ortofotos con el uso del software Arcgis.



Fotografía 3. 2 Mediciones de la morfometría de movimientos de ladera.  
Fuente: Abarca, 2014.

### **3.4. Trabajo de oficina final.**

Una vez que se han representado los diversos movimientos de ladera los cuales han sido identificados mediante el análisis de fotografías aéreas, ortofotos y verificados en el campo, se procede a realizar una base de datos mediante el uso del software ArcGis.

Mediante el uso del Software Microsoft Excel 2013 se realizó una estadística para su respectivo análisis tomando en cuenta el número de movimientos analizados con las siguientes variables: geología, área afectada, factores condicionantes y desencadenantes.

Con el uso del software Arcgis se digitalizó los movimientos de ladera por tipología para generar un mapa a escala 1:30.000 con la respectiva simbología.

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

#### 4.1. Inventario de movimientos de ladera.

El inventario de la zona de estudio ha tomado alrededor de 3 meses de estudio en el campo. Se han inventariado un total de 34 movimientos de ladera (De los cuales 2 fichas están incompletas debido al difícil acceso). Representan un área de 5.564,2 Ha, que conforman el 0,87 % del área total. (Figura 4.1).

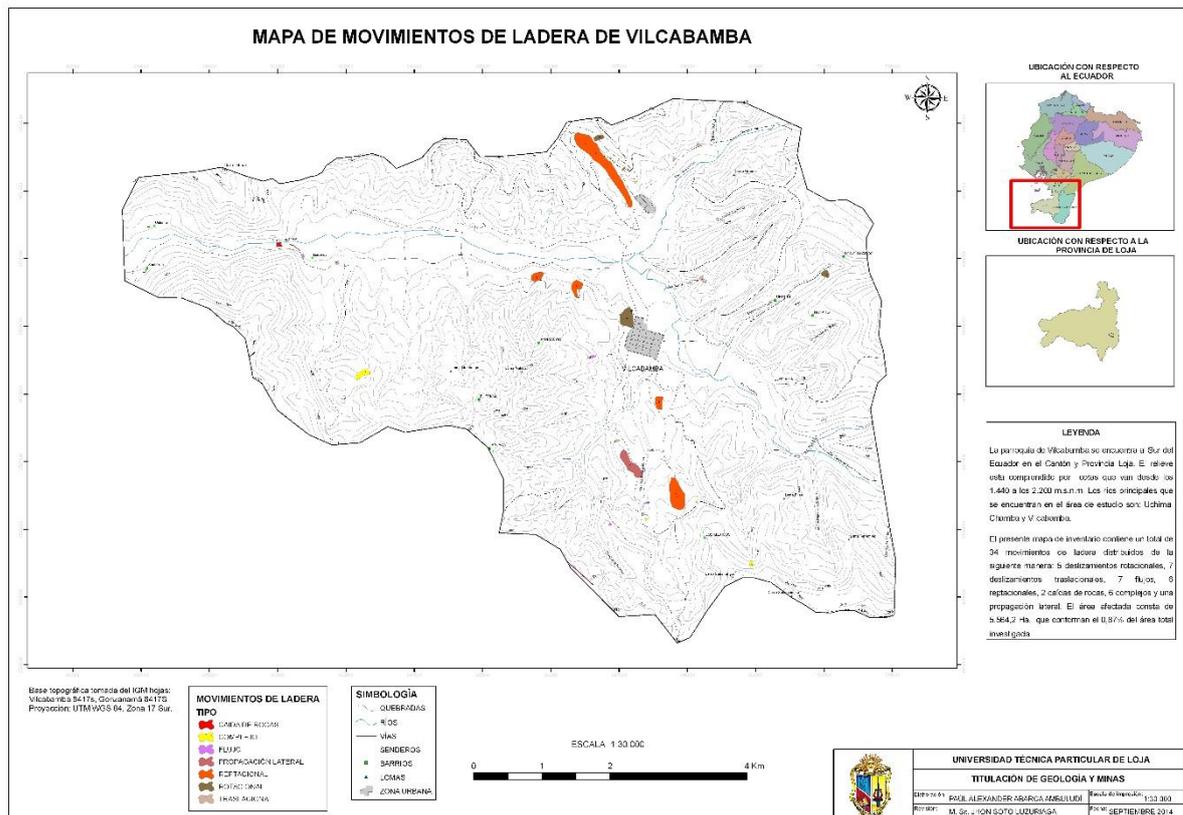


Figura 4. 1 Mapa de movimientos de ladera de Vilcabamba a escala 1:30.000. Fuente: Abarca, 2014.

En base a la información recopilada y el trabajo de campo se han inventariado de acuerdo a la tipología los siguientes movimientos de ladera: 5 deslizamientos rotacionales, 7 deslizamientos traslacionales, 7 flujos, 6 reptacionales, 2 caídas de rocas, 6 complejos y una propagación lateral (Figura 4.2).

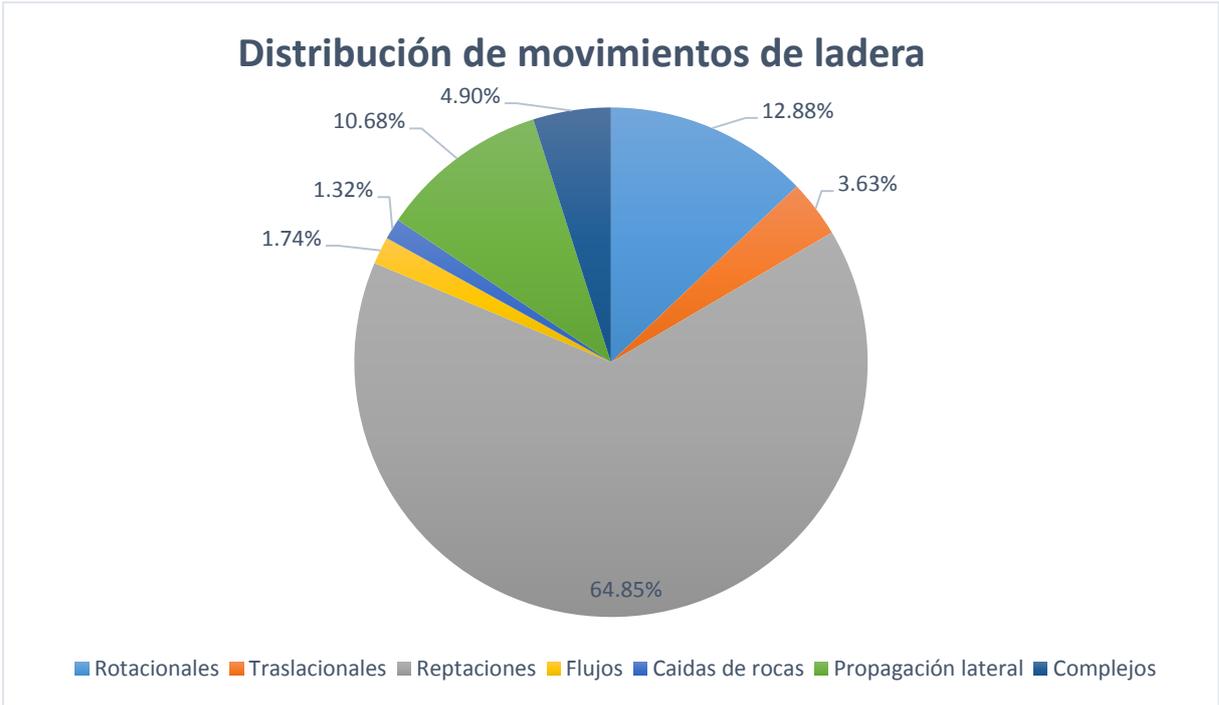


Figura 4. 2 Porcentaje de los movimientos de ladera por tipología en la zona de estudio.  
Fuente: Abarca, 2014.



Figura 4. 3 Porcentaje de área afectada con respecto al total de área de estudio.  
Fuente: Abarca, 2014.

A partir de la bibliografía investigada acerca de la geología de Vilcabamba y además de las observaciones realizadas en el campo se ha elaborado una distribución de movimientos de ladera según las formaciones geológicas en las cuales han ocurrido estos fenómenos de la siguiente manera:

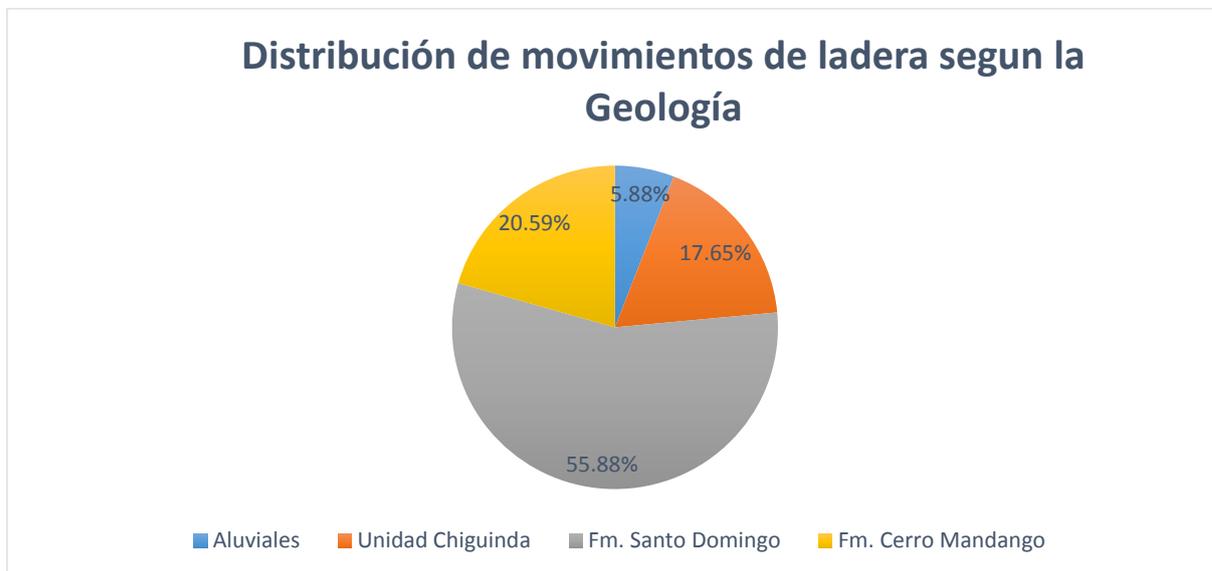


Figura 4. 4 Porcentaje de los movimientos de ladera según la Geología de Vilcabamba.  
Fuente: Abarca, 2014.

Realizando un análisis detallado de los movimientos de ladera inventariados, de acuerdo a su tipología se describe lo siguiente:

#### 4.1.1. Deslizamientos.

Se han inventariado un total de 12 deslizamientos, de los cuales 5 son de tipo rotacionales y 7 traslacionales. Representan el 16,51% del total de movimientos de ladera estudiados y afectan un área de 8.2064,91 m<sup>2</sup>. El tamaño de este tipo de movimientos varía entre 264,06m<sup>2</sup> y 44.997,77m<sup>2</sup>, con un promedio de 6.838,74m<sup>2</sup>.

Correlacionando la geología regional y las observaciones en campo tenemos que los deslizamientos están distribuidos de la siguiente manera: 1 casos en la Unidad Chiguinda, 9 en la Formación Santo Domingo y 1 en aluviales.



Fotografía 4. 1 Deslizamientos: A) Deslizamiento rotacional en movimiento complejo, sector linderos (MI-32). B) Deslizamiento traslacional, barrio Sacapo (MI-26).  
Fuente: Abarca, 2014.

#### 4.1.2. Reptaciones.

Se han inventariado un total de 6 movimientos reptacionales. Representan el 64,85% del total de movimientos de ladera estudiados y afectan un área de 322.467,44 m<sup>2</sup>. La superficie de estos movimientos varía entre 709,93 m<sup>2</sup> y 181.613,19 m<sup>2</sup> con un promedio de 47.206,12 m<sup>2</sup>.

Según la geología regional investigada en relación a las observaciones en campo inventariada, los movimientos de ladera tipo reptación se distribuyen de la siguiente manera: 4 en la Formación Santo Domingo, en la Formación Cerro Mandango y 1 en depósitos aluviales.



Fotografía 4. 2 Movimientos reptacionales. A) ML-20 sector Mollepamba; B) ML-13 Vía a Cucanamá alto.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### 4.1.3. Flujos.

Se ha inventariado un total de 7 movimientos de tipo flujo. Representan el 1,74% del total de movimientos estudiados y afectan un área de 8,648.16 m<sup>2</sup>. La superficie de estos movimientos varía entre 327,62 m<sup>2</sup> y 3.014,42 m<sup>2</sup> con un promedio de 1.235,45 m<sup>2</sup>.

Con respecto a la geología regional investigada y las observaciones en campo se ha descrito que los flujos se distribuyen de la siguiente manera: 1 caso en la Unidad Chiguinda, 4 en la Formación Cerro Mandango, 2 en la Formación Santo Domingo.



Fotografía 4. 3 Movimientos de ladera tipo flujo. A) MI-08 sector Ishcailuma; B) MI-19 Via a Yangana. Fuente: Abarca, 2014.

#### 4.1.4. Caída de rocas.

Se ha inventariado un total de 2 movimientos de ladera tipo caída de rocas. Representan el 1,77% del total de movimientos estudiados y afectan un área de 6.587,77 m<sup>2</sup>. La superficie de estos movimientos varía entre 1.823,62 m<sup>2</sup> y 4.764,15 m<sup>2</sup> con un promedio de m<sup>2</sup>.

Con relación a la geología regional y las observaciones en campo tenemos que estos movimientos ocurren en la Unidad Chiguinda (2 casos).



Fotografía 4. 4 Movimiento de ladera tipo caída de rocas, sector Linderos.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### **4.1.5. Movimientos complejos.**

Se ha inventariado un total de 6 movimientos de ladera tipo complejos. Representan el 4,9% del total de movimientos estudiados y afectan un área de 24.342,23 m<sup>2</sup>. La superficie de estos movimientos varía entre 532,95 m<sup>2</sup> y 16.724,20 m<sup>2</sup> con un promedio de 4.057,04 m<sup>2</sup>.

Según la geología regional investigada en relación a las observaciones en campo realizada, los movimientos de ladera tipo complejo se distribuyen de la siguiente manera: 2 casos en la Unidad Chiguinda, 1 en la formación Cerro Mandango, 3 en la Formación Santo Domingo,



Fotografía 4. 5 Movimientos complejos. A) Traslacional-Flujo, Sector Mollepamba (MI-10). B) Traslacional-Caída, sector Los Huilkos (MI-18).  
Fuente: Abarca, 2014.

En la zona de estudio también se pueden observar pequeños movimientos de ladera de tipo caídas de rocas y flujos secos de suelos y detritos en los cortes realizados a causa de la nueva vía de hormigón que conduce al cantón Chinchipe. Así mismo se observar este comportamiento en las zonas de escarpes y “Chimeneas de Adas” de la Formación Cerro Mandango.

En la siguiente tabla 4.1 se presenta un resumen del inventario de movimientos de ladera con sus principales características:

Tabla 4. 1 Resumen de movimientos de ladera.

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	AREA TOTAL AFECTADA (m <sup>2</sup> )
ML-01	Rotacional	Latente	Húmedo	- Material Plástico débil - Material colapsible - Material fisurado o agrietado	- Excavación de la pata de talud. - Irrigación - Lluvias	44.997,7
ML-02	Reptacional	Latente	Ligeramente Húmedo	- Material Plástico débil - Material sensible	- Mantenimiento deficiente sistema de drenaje -Lluvias	18.509,9
ML-03	Traslacional	Latente	Ligeramente Húmedo	- Material sensible - Material colapsible	- Carga en la corona del talud - Lluvias	1.772,2
ML-04	traslacional	Latente	Seco	-Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Irrigación -Lluvias	2.568,8
ML-05	Caída de rocas	Reactivo	Seco	-Material meteorizado	- Excavación de la pata de talud.	1823,6

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	AREA TOTAL AFECTADA (m²)
				-Material fallado por corte	- Lluvias -Deforestación o ausencia de vegetación -Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado)	
ML-06	Flujo	Latente	Seco	-Material meteorizado -Material fallado por corte	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado)	1.935,2
ML-07	Caída de rocas	Latente	Ligeramente húmedo	-Material meteorizado	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado)	4.764,1
ML-08	Flujo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material sensible - Material colapsible	-Lluvias	1.552,0
ML-09	Traslacional	Latente	Húmedo	- Material sensible -Material plástico débil	-Lluvias	782,2
ML-10	Complejo	Latente	Húmedo	- Material sensible -Material plástico débil	-Lluvias	1.271,1
ML-11	Flujo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material colapsible -Material meteorizado	-Lluvias	357,9
ML-12	Reptacional	Latente	Ligeramente húmedo	- Material sensible -Material plástico débil -Material fisurado o agrietado	-Lluvias -Deforestación o ausencia de vegetación	24.680,4
ML-13	Reptacional	Latente	Ligeramente húmedo	- Material sensible -Material plástico débil	-Lluvias -Deforestación o ausencia de vegetación	18058,5
ML-14	Reptacional	Latente	Ligeramente húmedo	- Material sensible -Material plástico débil	- Excavación de la pata de talud. - Irrigación -Lluvias	181.613,1
ML-15	Rotacional	Activo	Ligeramente húmedo	-Material plástico débil - Material sensible - Material colapsible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Carga en la corona del talud	268,2
ML-16	Propagación Lateral	Latente	Ligeramente húmedo	-Material plástico débil - Material sensible - Material colapsible	- Irrigación -Lluvias - Carga en la corona del talud	53.109,5
ML-17	Traslacional	Latente	Ligeramente húmedo	-Material meteorizado -Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Irrigación -Lluvias - Carga en la corona del talud -Vibración artificial (tráfico)	1.411

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	AREA TOTAL AFECTADA (m²)
ML-18	Complejo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material colapsible -Material fisurado o agrietado	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias	532,9
ML-19	Flujo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material colapsible -Material meteorizado	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Vibración artificial (tráfico)	1.085,8
ML-20	Reptacional	Estabilizado	Húmedo	-Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Carga en la corona del talud - Irrigación	78.252
ML-21	Rotacional	Activo	Húmedo	-Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Irrigación - Escapes de agua de tuberías	9.388
ML-22	Complejo	Latente	Ligeramente húmedo	-Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Irrigación	709,9
ML-23	Reptacional	Estabilizado	Ligeramente húmedo	-Material plástico débil - Material sensible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Irrigación -Vibración artificial (tráfico)	1.352
ML-24	Traslacional	Zona inaccesible		Zona inaccesible		5.804,25
ML-25	Complejo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material colapsible -Material meteorizado -Contraste en permeabilidad de los materiales	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Irrigación - Carga en la corona del talud	783,00
ML-26	Traslacional	Activo	Ligeramente húmedo	-Material sensible - Orientación desfavorable de discontinuidades	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Vibración artificial (tráfico)	1.887,5
ML-27	Traslacional	Activo	Ligeramente húmedo	-Material sensible - Orientación desfavorable de discontinuidades	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Vibración artificial (tráfico)	2.548,3
ML-28	Rotacional	Activo	Ligeramente húmedo	-Material plástico débil - Material sensible - Material colapsible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias - Irrigación - Escapes de agua de tuberías	264,00
ML-29	Flujo	Estabilizado	Ligeramente húmedo	- Material sensible - Material colapsible	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias	327,6

CÓDIGO	TIPO DE MOVIMIENTO	ESTADO	HUMEDAD DEL SUELO	CONDICIONANTE	DETONANTE	AREA TOTAL AFECTADA (m <sup>2</sup> )
ML-30	Flujo	Latente	Ligeramente húmedo	- Material sensible - Material colapsible	- Lluvias	3.014,4
ML-31	Complejo	Latente	Húmedo	- Material sensible - Material colapsible -Material plástico débil	- Lluvias	4.320,73
ML-32	Complejo	Activo	Húmedo	- Material sensible - Material colapsible -Material plástico débil	- Excavación de la pata de talud. - Lluvias -Deforestación	16724,1
ML-33	Rotacional	Relicto	Ligeramente húmedo	- Material sensible -Material plástico débil	- Lluvias - Mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje - Escapes de agua de tuberías	9112,6
ML-34	Flujo		Zona inaccesible		Zona inaccesible	374,17

Fuente: Abarca, 2014.

#### 4.2. Factores que influyen en la inestabilidad.

Los movimientos de ladera ocurren a causa de los factores condicionantes (contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero no constituyen el evento detonante) y factores detonantes (disparador, desencadenante, la causa directa e inmediata de un movimiento) los cuales se encuentran parcialmente o completamente afectando a cada uno de los de movimientos estudiados.

En base a los fundamentos teóricos y las observaciones de campo se plantea una estadística y análisis de los factores condicionantes y detonantes de la siguiente manera:

##### 4.2.1. Condicionantes.

Aquellos factores propios del terreno que son causantes de las remociones de masa pero que no son intervenidos por factores antrópicos. Según el total de casos inventariados tenemos la siguiente distribución según los factores presentes: Material plástico débil (18 casos), Material sensible (23 casos), material colapsable (15 casos), material meteorizado (7 casos), Material fisurado o agrietado (3 casos), Orientación desfavorable de discontinuidades (2 casos), Meteorización por expansión/contracción (2 casos). En la siguiente figura se muestra la distribución porcentual de los factores condicionantes según el total de casos estudiados (Figura 4.5).

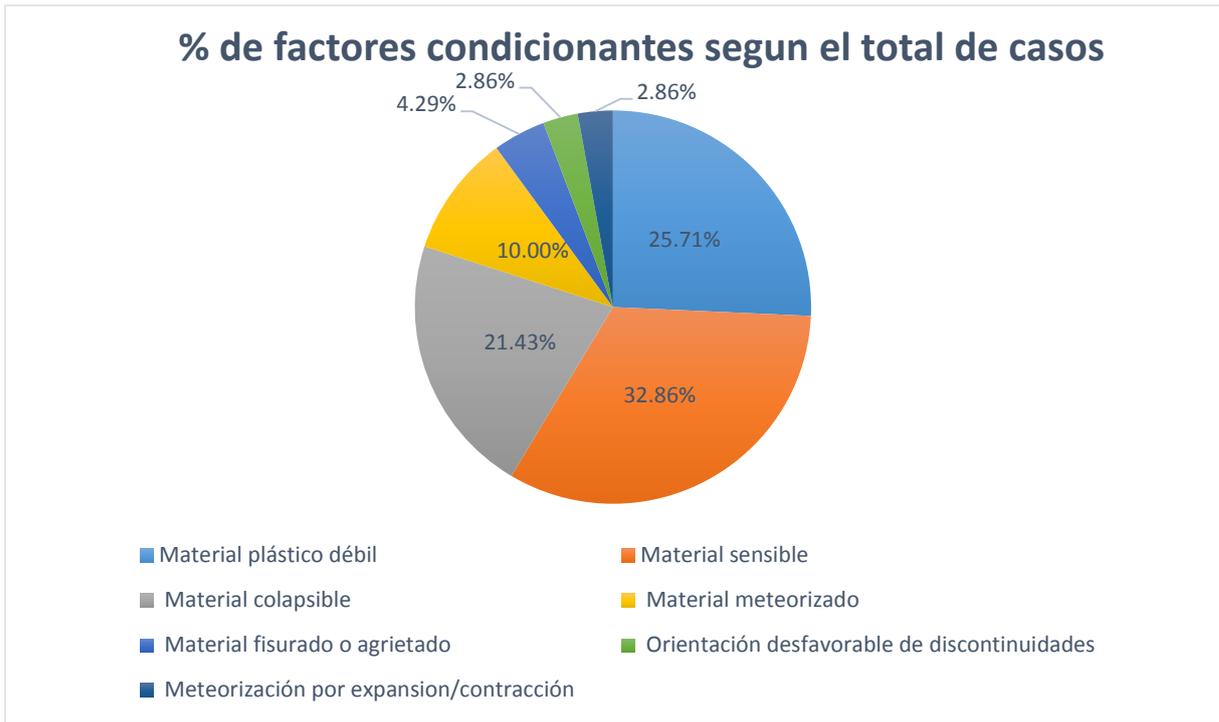


Figura 4. 5 Distribución de los factores condicionantes según el total de casos.  
Fuente: Abarca, 2014.

**- Material plástico débil**

Este tipo de material es característico de los suelos con composición limo-arcillosa en la matriz. Generalmente se localiza en la Formación Santo Domingo (Fotografía 4.6), la cual consta de lutitas y limolitas que forman suelos residuales con un comportamiento plástico. Estos materiales al combinarse con el agua generan deformaciones plásticas favorables para que ocurran movimientos de masa.



Fotografía 4. 6 Material limo-arcilloso de la Fm Santo Domingo A) Escarpe de deslizamiento MI-04. B) Grietas de desecación con presencia de Arcillas y limos, sector Linderos.  
Fuente: Abarca, 2014.

**- Materiales sensibles y colapsables.**

Se ha observado este comportamiento en materiales aluviales, conglomerados, coluviales, residuales los cuales son muy vulnerables a las remociones de masa debido al aumento en el contenido de humedad, fuerzas externas e internas. En la fotografía 4.7 ilustración "A" se evidencia este tipo de materiales que en combinación con el agua hace que sufra remociones de masa; en la ilustración "B" se muestra el coluvial, el cual es el principal material presente en los movimientos de ladera.



Fotografía 4. 7 Materiales sensibles y colapsables A) Conglomerados saturados de la Fm. Cerro Mandango. B) Material coluvial del MI-13.  
Fuente: Abarca, 2014.

**- Material meteorizado, fisurado o agrietado.**

Estas alteraciones suceden en rocas y suelos expuestos a la intemperie, donde actúan agentes externos que alteran física y químicamente, que desintegran y descomponen la composición de estos cuerpos. Este proceso se puede constatar observando la coloración en las rocas que sufren oxidaciones y en los suelos sufren fisuramientos (Fotografía 4.8, ilustración A) y agrietamientos (Fotografía 4.8, ilustración B)



Fotografía 4. 8 Meteorización de los materiales. A) Oxidaciones en la Unidad Chiguinda, MI-05. B) Agrietamiento de suelos limosos de la Fm. Santo Domingo, MI-10.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### - Orientación desfavorable de discontinuidades.

Esta causa se puede observar principalmente en los deslizamientos traslacionales y caídas de rocas, donde el azimut de buzamiento de las rocas es paralelo a la dirección del movimiento y el buzamiento es pronunciado (Fotografía 4.9).



Fotografía 4. 9 Orientación desfavorable de discontinuidades en la Unidad Chiguinda. A) Sector Sacapo MI-26. B) Sector Sacapo MI-27.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### 4.2.2. Detonantes.

También son considerados como desencadenantes, son aquellos los cuales cumplen la función de disparador o de gatillo para que desenlace el movimiento. Analizando las fichas de inventario de cada uno de los movimientos de ladera en su variable de detonante tenemos la siguiente distribución: lluvias (34 casos), excavación en la pata del talud (21 casos), carga en la corona del talud (7 casos), irrigación (11 casos), Mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje (6 casos), escape de agua en la tuberías (6 casos), deforestación (3 casos), vibración (5 casos). En la siguiente figura se expone la distribución porcentual de los factores detonantes según el total de casos inventariados (Figura 4.6).

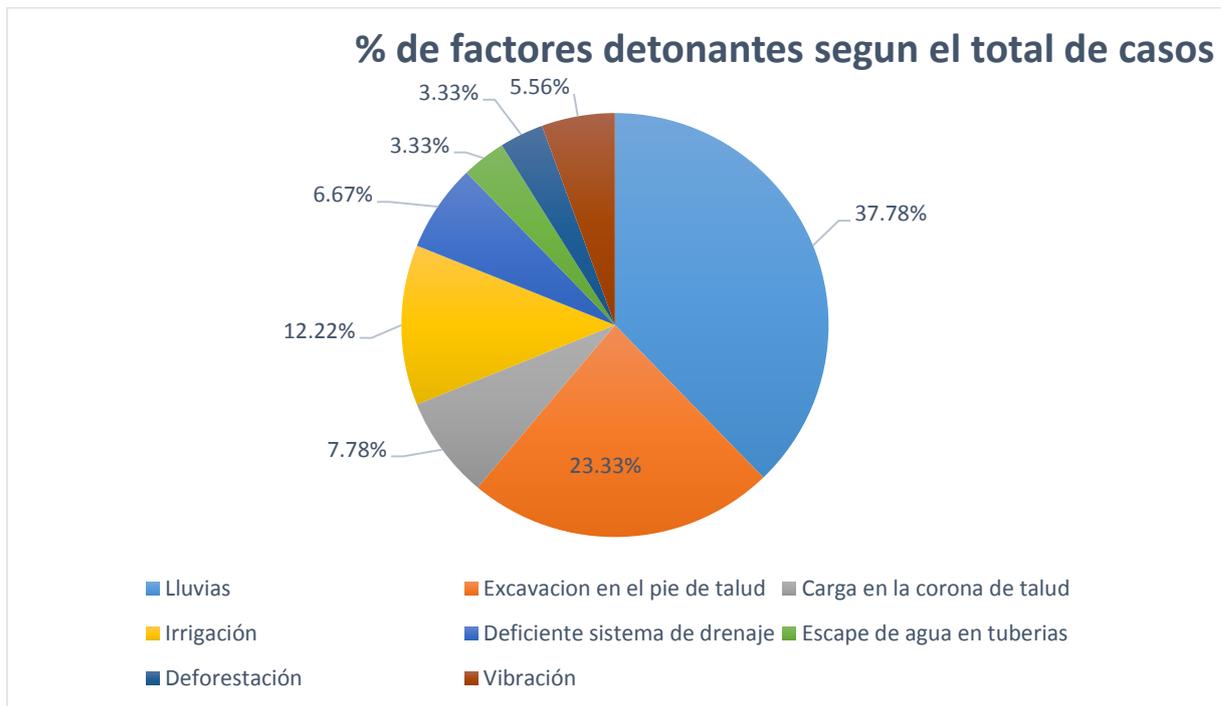
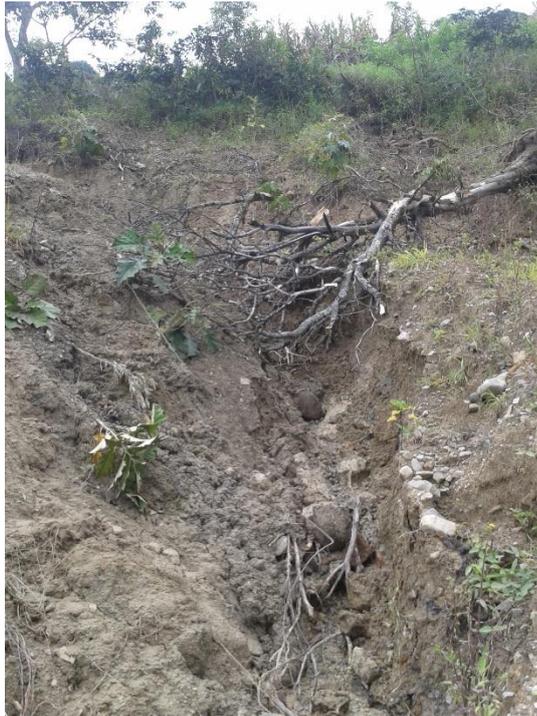


Figura 4. 6 Distribución de los factores detonantes según el total de casos.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### - Lluvias.

Este fenómeno hidrometeorológico provoca saturación y meteorización de los materiales; principalmente desencadena en flujos de lodo y detritos, deslizamientos entre otros. Las precipitaciones son causantes de la activación y reactivación de movimientos de ladera. En la fotografía 4.10 se puede observar como la lluvia ha afectado el terreno generando flujos de lodo y detritos.



Fotografía 4. 10 Flujos de lodos y detritos a causa de las lluvias, ML.-21.  
Fuente: Abarca, 2014.

#### **- Excavación de la pata del talud.**

Es un factor antrópico muy frecuente en la zona de estudio. Es provocado por obras civiles tales como: carreteras, terraplenes, canchas deportivas, senderos, entre otros. Estas actividades hacen que el talud adquiera más altura, pendiente y disminuya su estabilidad. En la fotografía 4.11 se puede observar el corte en la pata de talud que además de las lluvias desencadenaron en un movimiento rotacional.



Fotografía 4. 11 Corte en la pata del talud, MI-28.  
Fuente: Abarca, 2014.

**- Carga en la corona del talud.**

Las construcciones que se realizan en la corona de talud generan inestabilidad debido al peso que sobre pasa la capacidad de soporte del talud, el esfuerzo de cortante aumento y provoca fallas y movimientos de ladera. (Fotografía 4.12).



Fotografía 4. 12 Carga en la corona de talud, MI-15.  
Fuente: Abarca, 2014.

### **- Irrigación.**

En Vilcabamba se realizan trabajos agrícolas que incluyen sistema de riegos, en algunos casos no son técnicamente planificados provocando saturación, erosión, expansión, contracción y carcavamiento de los materiales ocasionando susceptibilidad a movimientos de ladera. En la fotografía 4.13 se puede observar como los cultivos de maíz han afectado el terreno dentro del “ML-21”.



Fotografía 4. 13 Irrigación en los cultivos del ML-21.  
Fuente: Abarca, 2014.

### **- Mantenimiento deficiente sistema de drenaje y escapes de agua de tuberías.**

A menudo en la zona urbana se observó escape de agua por las tuberías y deficiente sistema de drenaje a causa del riego para agricultura y los tanques reservorios. Este es un factor determinante en los movimientos ya que afecta directamente a los materiales saturando los suelos y desestabilizando la ladera. En la fotografía 4.14 se muestra una fuga de agua en un reservorio de agua.



Fotografía 4. 14 Escape de agua de reservorio del MI-33.  
Fuente: Abarca, 2014.

**CAPITULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES.

- Se han inventariado un total de 34 movimientos de ladera, los cuales han sido representados en un mapa a escala 1: 30.000. Se distribuyen de la siguiente manera: 5 deslizamientos rotacionales, 7 deslizamientos traslacionales, 7 flujos, 6 reptacionales, 2 caídas de rocas, 6 complejos y 1 propagación lateral.
- Los movimientos de ladera ocupan un área total afectada de 5.564,2 Ha, los cuales conforman el 0,87 % del área total estudiada.
- La Formación Santo Domingo contiene la mayor cantidad de ocupando el 55,88% de los casos estudiados. Seguido de la Formación Cerro Mandango por lo cual se registró 20,59% y la Unidad Chiguinda con el 17,65%
- Los depósitos aluviales pueden ser considerados como una zona estable debido a las bajas pendientes que lo conforman y representan el 5,88% de los casos. Seguido de la Unidad Chiguinda que ocupa el 17,65% del total de casos.
- Los factores condicionantes más influyentes afectan a los movimientos de ladera inventariados son: material sensible ocurren en 23 casos, material plástico débil en 18 casos, material colapsible en 15 casos.
- Los factores detonantes más relevantes que afectan a los movimientos de ladera inventariados son: lluvias presentes en 34 casos, excavación en la pata del talud en 21 casos, irrigación en 11 casos, carga en la corona del talud en 7 casos.
- En la zona urbana debido influencia directa de actividades antrópicas se concentran la mayor cantidad de movimientos de ladera (29 casos). Los demás casos se encuentran en la zona rural.
- Este trabajo permite concluir que la zona urbana se está expandiendo en terrenos con riesgos a movimientos de ladera, es importante tener en cuenta este inventario para la planificación del ordenamiento territorial.

## **RECOMENDACIONES.**

- Es importante continuar con la investigación hacia el análisis de susceptibilidad y peligrosidad a los movimientos de ladera, en base a lo cual se pueda planificar el uso del territorio.
- Es recomendable formular propuestas de mitigación en relación a este inventario de movimientos de ladera.
- Al momento de realizar nuevas carreteras, senderos y obras civiles en general es de suma importancia hacer estudios geotécnicos de suelos, geológicos y estructurales debido a que factores detonantes como la excavación en la pata del talud y carga en la corona afectan el 70,5% de los casos investigados.
- Se recomienda una implementación de mejores sistemas de drenaje, riego y técnicas de siembra para proteger de movimientos de masa las zonas de actividad agrícola.

## BIBLIOGRAFÍA.

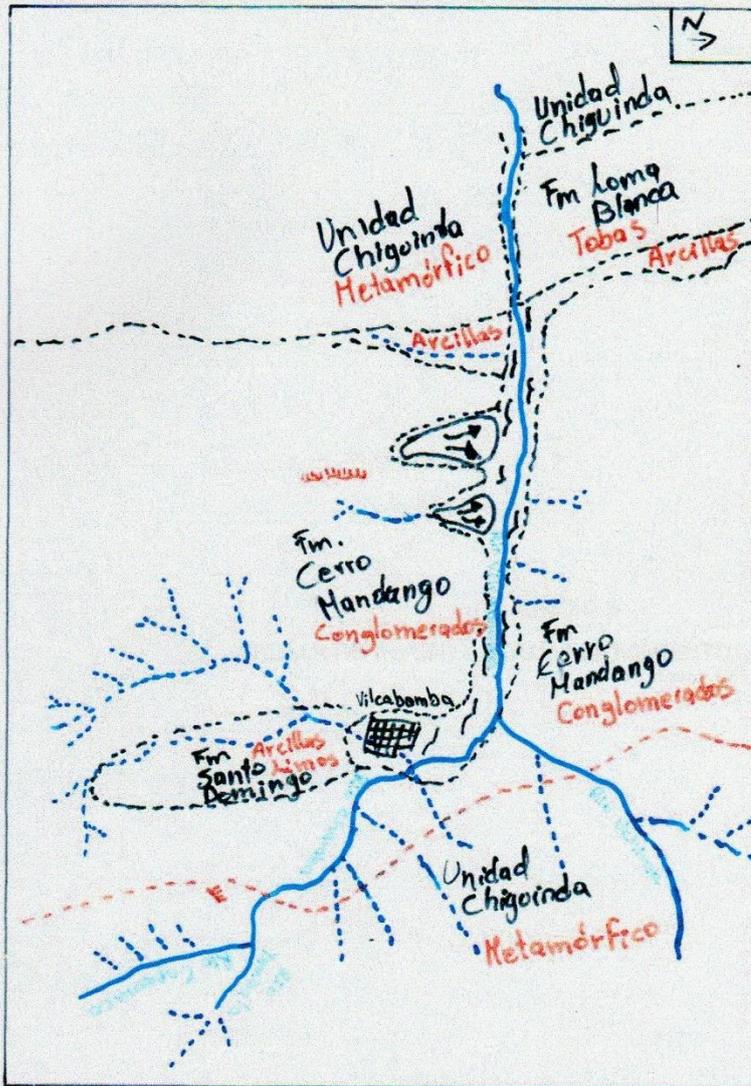
- Agustín P., Jhon Soto, 2010. "Geología y Yacimientos minerales del Ecuador" Loja, Ecuador: Editorial Loja.
- Corominas, J. (1986). "Identificación de taludes inestables" Jornadas de Investigación Aplicada en Ingeniería Geológica. Universidad de Cantabria, Santander. 90-116.
- Corominas, J. (1987). "Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera" Riesgos Geológicos. Serie medioambiental, curso de Riesgos Geológicos.; IGME, 193-201. Madrid.
- Corominas, J. y García Yagüe, A. (1997). "Terminología de los movimientos de ladera" IV Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables; Alonso, E.; Corominas, J.; Chacón, J.; Oteo, C. y Pérez, J. (eds.). Granada. Vol. III, 1051-1072.
- Emilio, R., (2007) "Suelos Colapsables" Facultad ciencias exactas físicas y naturales. [Formato PDF]. Recuperado de: [http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Redolfi\\_2007\\_Suelos%20Colapsables.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Redolfi_2007_Suelos%20Colapsables.pdf)
- Hungerbuhler, D. Tertiary Basins in the Andes of Southern Ecuador (3°00'-4°20') Sedimentary Evolution, Deformation and Regional Tectonic Implications. PhD Thesis. Institute of Geology ETH Zurich, Switzerland.
- Jiménez, J. (2005). Análisis de la Susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la cuenca vertiente al embalse de Rules, Granada. Memoria de Doctorado. Departamento de Ingeniería Civil Área de Ingeniería del Terreno. Universidad de Granada.
- Márquez, R. (2010). Estudio Geológico-Estructural e inventario de deslizamiento del área cuatro de la cuenca sedimentaria de Malacatos, Tesis para optar al título de Ingeniero en Geología y Minas, Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas, UTPL.

- Campoverde, J. (2010). Estudio Geológico-Estructural e inventario de deslizamiento del área cinco de la cuenca de Malacatos, Tesis para optar al título de Ingeniero en Geología y Minas, Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas, UTPL.
- Suing, J.V. (2010). Estudio Geológico-Estructural e inventario de deslizamiento del área seis de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba, Tesis para optar al título de Ingeniero en Geología y Minas, Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas, UTPL.
- Mateo Gutierrez Elorza "Geomorfología" 2008. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Proyecto Multinacional Andino. (2005). "Mapa Geológico Binacional Región Norte de Perú y Sur del Ecuador", escala 1:500000.
- Kennerley J.B. (1973). Geology of Loja Province, southern Ecuador. Institute of Geological Sciences (Overseas Division). London. Unpublished Report. Kennerley J.B. (1982). "Geología de la Provincia de Loja en el Sur del Ecuador".
- Ortega, J., Silva S., (2011). "Plan de desarrollo y ordenamiento territorial" Vilcabamba, Loja, Ecuador. [Formato PDF]. Recuperado de: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1160025070001/PDyOT/15022013\\_185223\\_PDyOT%20DE%20LA%20PARROQUIA%20VILCABAMBA.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1160025070001/PDyOT/15022013_185223_PDyOT%20DE%20LA%20PARROQUIA%20VILCABAMBA.pdf)
- Varnes, D.J. (1958). "Landslides types and processes" Landslides and Engineering Practice; Beckel, E.D. (ed.), Highway Research Board, Special Report, 29. 20-47.
- Varnes, D.J. (1978). "Slope movements types and processes" Landslides: analysis and control; Schuster, R.L. & Kizek, R.J. (eds.) National Academy of Sciences. Washington D.C. Special rep. Vol. 176, 11-33.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**FOTOGRAFÍAS AEREAS**

# VILCABAMBA



## SIMBOLOGÍA

- Contacto
- Rio
- Quebrada
- Aluviales
- Falla Regional
- Escorpe

Línea: 14 Rollo: 14

Provincia: Loja Desde: 2872 a 2874

Fuente: IGM Escala: 1:60.000

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO "MAPA DE MOVIENTOS DE LADERA DE VILCABAMBA"

PAUL ABARCA  
Tesisista

2014

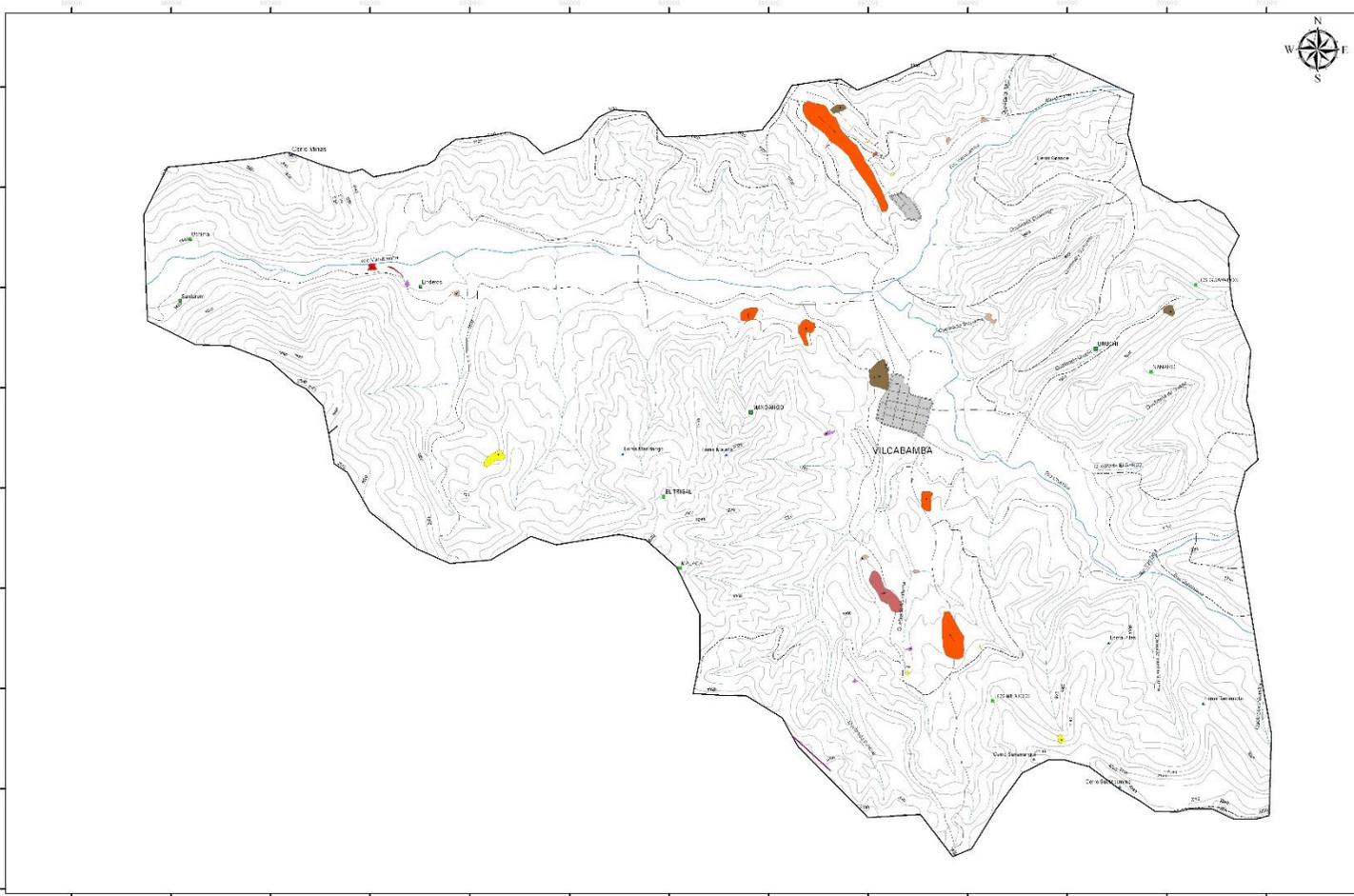
**ANEXO 2**  
**FICHAS DE INVENTARIOS DE MOVIMIENTOS DE LADERA**





**ANEXO 3**  
**MAPA DE MOVIMIENTOS DE LADERA**

# MAPA DE MOVIMIENTOS DE LADERA DE VILCABAMBA



## UBICACIÓN CON RESPECTO AL ECUADOR



## UBICACIÓN CON RESPECTO A LA PROVINCIA DE LOJA



## LEYENDA

La parroquia de Vilcabamba se encuentra al Sur del Ecuador en el Cantón y Provincia Loja. El relieve está comprendido por cotas que van desde los 1.440 a los 2.200 m.s.n.m. Los ríos principales que se encuentran en el área de estudio son: Uchima, Chamba y Vilcabamba.

El presente mapa de inventario contiene un total de 34 movimientos de ladera distribuidos de la siguiente manera: 5 deslizamientos rotacionales, 7 deslizamientos traslacionales, 7 flujos, 6 reptacionales, 2 caídas de rocas, 6 complejos y una propagación lateral. El área afectada consta de 5.584,2 Ha., que conforman el 0,87% del área total investigada.

Base topográfica tomada del IGM hojas: Vilcabamba 8417s; Gonzanamá 9417S  
Proyección: UTM WGS 84, Zona 17 Sur.

### MOVIMIENTOS DE LADERA TIPO

- CAÍDA DE ROCAS
- COMPLEJO
- FLUJO
- PROPAGACIÓN LATERAL
- REPTACIONAL
- ROTACIONAL
- TRASLACIONAL

### SIMBOLOGÍA

- QUEBRADAS
- RÍOS
- VIAS
- SENDEROS
- BARRIOS
- LOMAS
- ZONA URBANA

ESCALA 1:30.000



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

TITULACIÓN DE GEOLOGÍA Y MINAS

Elaboración: PAÚL ALEXANDER ABARCA AMBULUDI	Escala de impresión: 1:30.000
Revisión: M. Sc. JHON SOTO LUZURIAGA	Fecha: SEPTIEMBRE 2014