



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

**Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Oeste de la
parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja**

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial.

AUTOR:

Joe Alejandro Hualpa Jiménez

DIRECTORA:

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 17 de marzo de 2023

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Joe Alejandro Hualpa Jiménez, con cedula de identidad N° 1150760369**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Joe Alejandro Hualpa Jiménez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

C.I.: 1150760369

Fecha: 13/7/2023

Correo electrónico: joe.hualpa@unl.edu.ec

Teléfono: 0995912406

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Joe Alejandro Hualpa Jiménez**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; además autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza del plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de julio de dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Joe Alejandro Hualpa Jiménez

Cédula de Identidad: 1150760369

Dirección: Loja, Panamá y Maximiliano Rodríguez

Correo electrónico: joe.hualpa@unl.edu.ec

Teléfono: 0995912406

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora de Trabajo de Titulación: Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia. Mg Sc.

Dedicatoria

Este Trabajo de Titulación se la dedico especialmente a mis padres y hermanos que fueron fundamental para poder lograrlo, así mismo para toda mi familia por sus consejos.

Joe Alejandro Hualpa Jiménez

Agradecimiento

Ante todo, agradezco a mis padres que me dieron todo su ayuda y apoyo, a mis hermanos por sus consejos, a mi tutora, docentes y amigos que me guiaron para poder realizar esta investigación.

Joe Alejandro Hualpa Jiménez

Índice de contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	x
Índice de Anexos	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Amenazas Geológicas.....	6
4.1.1. Amenazas por movimientos en masa	6
4.1.2. Tipos de movimientos en masa	7
4.2. Deslizamientos	8
4.2.1. Parte de deslizamientos	10
4.2.2. Dimensiones de los deslizamientos. Morfometría	11
4.2.3. Velocidad de los deslizamientos	12
4.2.4. Inventario de Deslizamientos.....	13
4.2.5. Factores de inestabilidad de deslizamientos.....	13
4.2.5.1. Factores condicionantes.....	14
4.2.5.2. Factores desencadenantes.....	16
4.3. Susceptibilidad	16
4.3.1. Susceptibilidad a deslizamiento	16
4.3.2. Variables para analizar la susceptibilidad	17
4.3.2.1. Litología	17
4.3.2.2. Geomorfología.....	17
4.3.2.3. Pendiente.....	18
4.3.2.4. Cobertura Vegetal.....	18
4.3.2.5. Precipitación	18

4.3.3. <i>Sistemas de Información Geográfica para evaluar la Susceptibilidad a deslizamientos</i>	19
4.4. Metodologías para evaluar susceptibilidad por deslizamientos.....	20
4.4.1. <i>Métodos cualitativos</i>	20
4.4.2. <i>Métodos cuantitativos</i>	21
4.4.3. <i>Métodos semicuantitativos</i>	21
5. Metodología	22
5.1. Área de Estudio	22
5.1.1. <i>Ubicación</i>	22
5.1.2. <i>Acceso</i>	23
5.1.3. <i>Clima e Hidrografía</i>	23
5.1.4. <i>Geología Regional</i>	23
5.1.5. <i>Litoestratigrafía</i>	24
5.2. Materiales	25
5.2.1. <i>Materiales de Campo</i>	25
5.2.2. <i>Materiales de Oficina</i>	25
5.2.3. <i>Materiales de Geoprocesamiento</i>	26
5.3. Procedimiento.....	26
5.3.1. <i>Metodología para el primer objetivo</i>	27
5.3.2. <i>Metodología para el segundo objetivo</i>	42
5.3.3. <i>Metodología para el tercer objetivo</i>	43
6. Resultados	49
6.1. Resultados del primer objetivo	49
6.1.1. <i>Topografía</i>	49
6.1.2. <i>Pendientes</i>	49
6.1.3. <i>Geología</i>	50
6.1.3.1. <i>Unidad Río Guayucu</i>	50
6.1.3.2. <i>Unidad Alao – Paute</i>	52
6.1.3.3. <i>Unidad Chigiüinda</i>	56
6.1.3.4. <i>Depósitos aluviales</i>	59
6.1.3.5. <i>Depósito coluvio - aluvial</i>	60
6.1.3.6. <i>Perfil geológico</i>	61
6.1.3.7. <i>Geología estructural</i>	62
6.1.4. <i>Geomorfología</i>	65
6.1.4.1. <i>Geoformas</i>	65
6.1.4.2. <i>Datos de Validación</i>	69
6.1.5. <i>Cobertura vegetal</i>	69

6.1.5.1. Datos de Validación.....	74
6.1.6. <i>Isoyetas</i>	74
6.2. Resultados del segundo objetivo.....	75
6.2.1. <i>Inventario de deslizamientos</i>	75
6.3. Resultados del tercer objetivo.....	83
6.3.1. <i>Ponderación de las variables de estudio</i>	83
6.3.2. <i>Ponderación individual de las variables de estudio</i>	84
6.3.2.1. Ponderación de la variable Geomorfología.....	84
6.3.2.2. Ponderación de la variable Pendiente.	85
6.3.2.3. Ponderación de la variable Geología.	86
6.3.2.4. Ponderación de la variable Cobertura vegetal.....	87
6.3.2.5. Ponderación de la variable Isoyetas.....	89
6.3.3. <i>Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos</i>	90
6.3.3.1. Muy baja o nula Susceptibilidad.....	90
6.3.3.2. Baja susceptibilidad.....	90
6.3.3.3. Moderada susceptibilidad.....	91
6.3.3.4. Alta susceptibilidad.....	91
6.3.3.5. Muy alta susceptibilidad.....	92
7. Discusión	93
8. Conclusiones.....	95
9. Recomendaciones.....	97
10. Bibliografía.....	98
11. Anexos	102

Índice de Tablas:

Tabla 1. <i>Escala de velocidades de deslizamientos</i>	12
Tabla 2. <i>Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos</i>	17
Tabla 3. <i>Capas de datos para el análisis de amenazas por los deslizamientos</i>	19
Tabla 4. <i>Materiales de Geoprocesamiento</i>	26
Tabla 5. <i>Capas de Clasificación de pendientes</i>	29
Tabla 6. <i>Tipos de relieves.</i>	33
Tabla 7. <i>Tipos de relieve adaptado por el autor</i>	35
Tabla 8. <i>Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador.</i>	38
Tabla 9. <i>Tipos de cobertura vegetal adaptado por el autor</i>	40
Tabla 10. <i>Matriz de Saaty, variables por su orden de importancia y asignación de pesos por evaluación multicriterio.</i>	44
Tabla 11. <i>Escala de Saaty para determinar el valor de X_{ij}</i>	44
Tabla 12. <i>Pesos de Variables</i>	47
Tabla 13. <i>Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos</i>	48
Tabla 14. <i>Clasificación de Pendientes del Área de estudio.</i>	49
Tabla 15. <i>Valores de la geología local del área de estudio.</i>	61
Tabla 16. <i>Análisis estructural fotointerpretativo</i>	63
Tabla 17. <i>Unidades Geomorfológicas del Área de estudio</i>	68
Tabla 18. <i>Datos de validación en el área de estudio</i>	69
Tabla 19. <i>Cobertura vegetal del área de estudio</i>	73
Tabla 20. <i>Datos de validación en el área de estudio</i>	74
Tabla 21. <i>Clasificación de Isoyetas del área de estudio</i>	75
Tabla 22. <i>Puntos de los deslizamientos en campo y fotointerpretación del área de estudio</i>	75
Tabla 23. <i>Normalización, peso y ponderación de las variables del área de estudio</i>	83
Tabla 24. <i>Normalización, peso y ponderación de la variable Geomorfología</i>	84
Tabla 25. <i>Normalización, peso y ponderación de la variable Pendiente</i>	85
Tabla 26. <i>Normalización, peso y ponderación de la variable Geología</i>	86
Tabla 27. <i>Normalización, peso y ponderación de la variable Cobertura vegetal</i>	87
Tabla 28. <i>Normalización, peso y ponderación de la variable Isoyetas</i>	89
Tabla 29. <i>Zonas susceptibles a deslizamientos del área de estudio</i>	90
Tabla 30. <i>Eficiencia entre los deslizamientos y las zonas susceptibles del área de estudio</i>	92

Índice de Figuras:

Figura 1. (a) Deslizamiento rotacional (b) Deslizamiento traslacional.....	9
Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.....	10
Figura 3. Deslizamiento morfológicas de los deslizamientos	12
Figura 4. Ubicación del área de estudio.....	22
Figura 5. Ubicación de los afloramientos del área de estudio.....	31
Figura 6. Puntos de Validación del mapa Geomorfológico	36
Figura 7. Puntos de Validación del mapa de Cobertura Vegetal.....	41
Figura 8. Afloramiento (DA-21) – Andesitas basálticas	50
Figura 9. Afloramiento (DA-22) – Andesitas basálticas	51
Figura 10. Afloramiento (DA-01) – Esquistos verdes	52
Figura 11. Afloramiento (DA-04)– Esquistos verdes	53
Figura 12. Afloramiento(DA-05) – Esquistos verdes	54
Figura 13. Afloramiento(DA-09) – Cuarzitas, Esquistos.....	55
Figura 14. Afloramiento(DA-10) – Cuarzitas, Esquistos.....	55
Figura 15. Afloramiento(DA-12) – Esquistos grafitoso	56
Figura 16. Afloramiento(DA-13) – Esquistos grafitosos.....	57
Figura 17. Afloramiento(DA-14) – Cuarzitas, Esquisto pelítico.....	58
Figura 18. Afloramiento(DA-17) – Cuarzitas	59
Figura 19. Depósito aluvial(DA-24).....	60
Figura 20. Depósitos coluvio – aluvial (DA-25).....	60
Figura 21. Perfil geológico.....	61
Figura 22. Análisis estructural de las fallas del área de estudio	62
Figura 24. Terraza media	65
Figura 25. Relieve colinado medio	66
Figura 26. Relieve colinado alto.....	66
Figura 27. Relieve colinado alto.....	67
Figura 28. Relieve montañoso.....	67
Figura 29. Deslizamiento.....	68
Figura 30. Cuerpos de agua	70
Figura 31. Área poblada- Infraestructura vial	70
Figura 32. Mosaico agropecuario	71
Figura 33. Plantación Forestal	71
Figura 34. Pastizal	72
Figura 35. Bosque nativo.....	72

Figura 36. <i>Cultivos</i>	73
Figura 37. <i>Vegetación herbácea</i>	73
Figura 38. <i>Puntos de los Deslizamientos en campo y fotointerpretación</i>	76
Figura 39. <i>Deslizamiento (DD-01)</i>	77
Figura 40. <i>Deslizamiento (DD-02)</i>	78
Figura 41. <i>Deslizamiento (DD-06)</i>	78
Figura 42. <i>Deslizamiento (DD-09)</i>	79
Figura 43. <i>Deslizamiento (DD-10)</i>	80
Figura 44. <i>Deslizamiento (DD-12)</i>	81
Figura 45. <i>Deslizamiento (DD-15)</i>	82

Índice de Anexos:

Anexo 1. Ficha Descripción de Afloramientos.....	102
Anexo 2. Ficha de Descripción Macroscópica.	119
Anexo 3. Ficha de Descripción de Deslizamientos	130
Anexo 4. Mapa Topográfico.	145
Anexo 5. Mapa de Pendientes.	145
Anexo 6. Mapa Geológico local.....	145
Anexo 7. Mapa Geomorfológico.....	145
Anexo 8. Mapa de Cobertura Vegetal	145
Anexo 9. Mapa de Isoyetas	145
Anexo 10. Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos	145
Anexo 11. Certificación de traducción del resumen.	146

1. Título

Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja

2. Resumen

El presente proyecto de investigación titulado Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja, tiene como principal objetivo el conocer las zonas que presentan mayor susceptibilidad a éste tipo de movimientos de masa en la parroquia, es por ello que para llegar a su cometido se ha empleado el manejo de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) para la elaboración de la cartografía base que rigen como insumos para la obtención del mapa de susceptibilidad a escala 1:10.000. Las variables consideradas para la valoración de la susceptibilidad a deslizamientos fueron: geomorfología, geología, pendientes, cobertura de suelo y precipitación, de las cuales se determinaron que; en el aspecto de la geología, el área de estudio está constituida por las formaciones Unidad Río Guayucu, Unidad Alao Paute, Unidad Chigüinda por depósitos aluviales como producto de la dinámica fluvial del río Elvira; con respecto a las pendientes predominan las pendientes muy inclinadas ($>15^{\circ}$ - 35°) con un área de 5.68 km^2 y en menor dominio las pendientes ligeramente inclinadas (0° - 5°) con un área igual a $0,1 \text{ km}^2$; en cuanto a la geomorfología, el relieve montañoso es la unidad geomorfológica de mayor extensión ($3,83 \text{ km}^2$), seguido del relieve colinado alto con superficie de 2.97 km^2 respectivamente; sobre la variable de cobertura vegetal el pastizal es el tipo de cobertura de mayor ocupación en la parroquia (3.75 km^2) seguido de la vegetación herbácea (3.02 km^2); finalmente en cuanto a las precipitaciones en la parroquia la clase denominada como precipitación muy alta con rangos de 1229.1-1329 mm/año es quien predomina. En cuanto al inventario de deslizamientos, se lograron identificar un total de 15 deslizamientos localizados en distintos puntos de la parroquia y de forma complementaria se obtuvieron 9 deslizamientos mediante fotointerpretación, dando un total de 24 deslizamientos existentes en la parroquia. Finalmente, mediante el geoprocésamiento de los mapas de cada variable de estudio en el SIG y la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico se logró obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del área de estudio con 5 zonas de susceptibilidad.

Palabras clave: *SIG, geomorfología, susceptibilidad a deslizamientos, Proceso Jerárquico Analítico (AHP).*

2.1. Abstract

The present research project entitled "Determination of susceptibility to landslides in the west zone of the Fundochamba parish belonging to Quilanga canton, Loja province" has as its main objective to know the areas that present greater susceptibility to this type of mass movements in the parish, which is why to achieve its target, geographic information system tools (GIS) has been used for the elaboration of the base cartography that governs as supplies for obtaining the susceptibility map at scale of 1:10.000 . The variables considered for the assessment of the susceptibility to landslides were: geomorphology, geology, slopes, soil cover and precipitation, of which it was determined that; regarding geology, the study area is made up of formations Unidad Río Guayucu, Unidad Alao Paute, Unidad Chigüinda by alluvial deposits as a product of the fluvial dynamics of the Elvira River; on the other hand, the very steep slopes ($>15^{\circ}$ - 35°) with an area of 5.68 km^2 predominate and to a lesser extent, the slightly inclined slopes (0° - 5°) with an area equal to 0.1 km^2 ; regarding geomorphology, the mountainous relief is the largest geomorphological unit (3.83 km^2), followed by the high hilly relief with an area of 2.97 km^2 ; for the vegetation cover variable, grassland is the type of cover with the highest occupation in the parish (3.75 km^2) followed by herbaceous vegetation (3.02 km^2); Finally, the class called very high rainfall with ranges of 1229.1-1329 mm/year is the predominate in the parish. Moreover, in the inventory of landslides, a total of 15 landslides located in different parts of the parish were identified and, in a complementary way, 9 landslides were obtained by photointerpretation, getting a total of 24 existing landslides in the parish. Lastly, through the geoprocessing of the maps of each study variable in the GIS and the application of the Hierarchical Analytical Process, it was possible to obtain the landslide susceptibility map of the study area with 5 susceptibility zones.

Keywords: *GIS, geomorphology, landslide susceptibility, Analytical Hierarchical Process (AHP).*

3. Introducción

Por su ubicación geográfica, condiciones geomorfológicas y el efecto de la actividad humana, el territorio de Ecuador es propenso a procesos de deslizamientos, erosión y caídas, cuando se producen episodios climáticos de intensas lluvias. Sobre todo, en la región sur se encuentra los mayores escenarios de susceptibilidad del terreno.

Según información levantada en la fase de diagnóstico del actual Plan de Desarrollo y Ordenamiento Parroquial se establece que el 21% de la población ha sufrido afectaciones por deslizamientos. Las principales afectaciones se dan hacia las vías de comunicación, los cultivos e infraestructuras que se encuentran en zonas cercanas a los deslizamientos. El problema radica en la carencia de análisis de los factores que generan estas inestabilidades, así como la identificación a detalle de zonas susceptibles a deslizamientos, puesto que la información actual se encuentra a escala general (1: 100.000), y no refleja la situación actual frente a esta amenaza, lo cual conlleva a subestimar el riesgo asociado a los mismos aumentando la exposición de la población.

La finalidad del presente trabajo de investigación denominado “Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la zona oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja”, fue analizar los factores condicionantes topográficos, pendientes, geomorfológicos, geológicos, cobertura vegetal e precipitaciones, así como también, se desarrolló el inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio lo cual han sido georreferenciadas y procesadas en el software ArcGIS 10.5. Para si poder determinar las zonas más susceptibles a deslizamientos dentro de la parroquia. De tal forma que con los resultados obtenidos las entidades competentes puedan hacer uso de los mismos para mejorar sus estudios en futuros temas de gestión de riesgos dentro de la zona de estudio.

Puesto que la zonificación de la susceptibilidad, es un paso fundamental para la comprensión de fenómenos de remoción en masa, así como para la formulación de futuras estrategias para la reducción de la vulnerabilidad y, por ende, del riesgo asociado con amenazas naturales.

Objetivo general

Determinar la susceptibilidad a deslizamientos en la zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja.

Objetivos específicos

Determinar los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal) para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos dentro del área de estudio

Desarrollar el inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio.

Elaborar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos, a escala 1: 10.000, de la zona Oeste de la Parroquia Fundochamba.

4. Marco teórico

4.1. Amenazas Geológicas

Los riesgos geológicos pueden ser entendidos como una circunstancia o situación de peligro, pérdida o daño, social y económico, debida a una condición geológica o a una posibilidad de ocurrencia de proceso geológico, inducido o no. (Ogura y Macedo, 1987).

Según Varnes (1978) es importante recalcar que en la literatura se encuentran muchas clasificaciones de remociones en masa, la mayoría de ellas se basa en el tipo de material, los mecanismos del movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación. Entre los tipos principales de remociones en masa, se encuentran caídas de roca, deslizamientos, flujos, caídas y extensiones laterales.

Dentro de las amenazas geológicas tenemos los sismos, la actividad volcánica y los movimientos en masa.

Según Plaza y Yépez (2002) las actividades sísmicas tienen un efecto directo por las vibraciones provocadas por las ondas sísmicas, y un efecto indirecto por la deformación permanente del suelo como los asentamientos diferenciales del suelo, deslizamientos y flujos, licuefacción del suelo, avalanchas y tsunamis.

Los peligros asociados con las erupciones volcánicas incluyen flujos de lava, caída de cenizas, deslizamientos de tierra y gases tóxicos. A su vez, la actividad volcánica puede provocar otros fenómenos naturales peligrosos, distorsiones del paisaje e inundaciones.

Varnes (1978) manifiesta que el movimiento de masa es el desplazamiento hacia abajo o hacia afuera del material que forma un talud o ladera debido al efecto gravitacional de un factor que actúa o activa una fuerza natural como: sismicidad, actividad volcánica, presión de gas y la humedad.

4.1.1. Amenazas por movimientos en masa

La probabilidad de que ocurra un evento potencialmente destructivo en un período de tiempo determinado y en una región particular. Características y descripción la amenaza de movimiento de bloques debe incluir su ubicación, clasificación, geometría, tamaño o volumen, y debe evaluarse en cuanto a frecuencia. El volumen generalmente se expresa cuantitativamente como el tamaño promedio del evento (volumen o área), y tamaño (en relación con el poder destructivo del evento) con parámetros cuantitativos o cualitativos, como la tasa máxima del

evento, el desplazamiento total, el desplazamiento diferencial, la profundidad, el flujo máximo por unidad de ancho o la energía cinética por unidad de área. (Figueredo et al,2020,p.14).

4.1.2. Tipos de movimientos en masa

Procesos de remoción en masa

Los procesos de remoción de masa son el movimiento descendente del suelo y la roca a través de una superficie de falla, deslizamiento de rotación o plana (deslizamiento traslación) en la que la mayor parte del material se mueve como una masa consolidada o semiconsolidada, dejando poca distorsión, dejando a su paso obstrucción de vías, pérdida de vidas y propiedades. (Highland y Bobrowsky, 2008)

Flujo

Estos movimientos de masas de suelo (lodo o flujo de tierra), detritus (desmoronamiento o flujo de escombros) o macizos rocosos (fragmentos de roca) están en presencia de agua en abundancia. Materiales degradables y retenidos como un fluido continuamente deformable sin zona de falla definida. Los flujos de escombros pueden convertirse en flujos de escombros muy rápidos o avalanchas de escombros, ya que los materiales desplazados pierden alineación, aumentan la humedad o se encuentran en pendiente pronunciada. (Highland y Bobrowsky, 2008).

Volcamiento

Este movimiento es la rotación hacia adelante de la unidad o unidades de materia; Se encuentran en rocas, pero también se encuentran en suelos cohesivos secos y suelos residuales. Depende principalmente de las características geométricas y la estructura geológica, pendientes definidas o indeterminadas o deslizamientos de tierra, y las fallas a menudo determinan las características del movimiento. (Suárez, 2009).

Desplazamientos laterales

Estos desplazamientos se dan cuando el terreno es muy inclinado o el terreno es llano, donde los desplazamientos son comunes se acompaña de hundimiento, también conocido como licuefacción, o una tendencia a fluir. (Highland y Bobrowsky, 2008)

Caídas de rocas

Estos movimientos ocurren durante la caída libre de rocas, suelo o ambos y son causados por la variación del desnivel del terreno, pendientes empinadas y ángulos de reinicio de pendientes. La velocidad de caída puede ser rápida o muy rápido, dependerá de la inclinación de la pendiente. (Highland y Bobrowsky, 2008)

Basculamiento

Según Alarn (2002) es una deformación rotacional de la cabeza de formaciones escarpadas multicapa, en la que el centro de rotación está en la parte inferior del bloque inestable y la parte superior gira hacia afuera, como un eje que gira desde el eje inferior. Las inclinaciones dan como resultado la caída o el deslizamiento del material desplazado, según la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie divisoria y la dirección y elongación de la discontinuidad activa.

4.2. Deslizamientos

Según Varnes (1978) los deslizamientos representan el movimiento hacia abajo de suelo o roca a lo largo de una pendiente en alguna superficie cortante. Los movimientos más comunes de deslizamientos de tierra son de traslación y rotación. La ruptura previa puede ocurrir en el suelo o la roca y ocurre en superficies más planas o menos preexistentes que se forman por falta de homogeneidad en la masa rocosa (como las grietas, fallas o planos) y donde la masa de corte excede la resistencia causando grietas debido a las propiedades estructurales, como las propiedades mecánicas estables de la superficie y el relleno.

Y los segundos, que son más frecuentes en suelos cohesivos o roca muy meteorizada, donde la rotura, ya sea superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas, en que una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a “escalones” con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriada. (González de Vallejo et al., 2002)

Según Crozier (1986) un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte (citado en (Unido et al., 2001). Los derrumbes provocan cambios en la morfología del suelo, daños a varios ambientes, destrucción de obras de infraestructura, destrucción de casas, puentes, bloqueos de ríos, etc. Aunque los derrumbes ocurren en todos los sistemas montañosos, algunas regiones son más susceptibles al movimiento terrestre.

Las áreas montañosas tropicales son muy propensas a los problemas de deslizamientos de tierra porque a menudo se combinan los cuatro factores más importantes que los causan, como la topografía, la sismicidad, el clima y las fuertes lluvias. (Suárez, 2009).

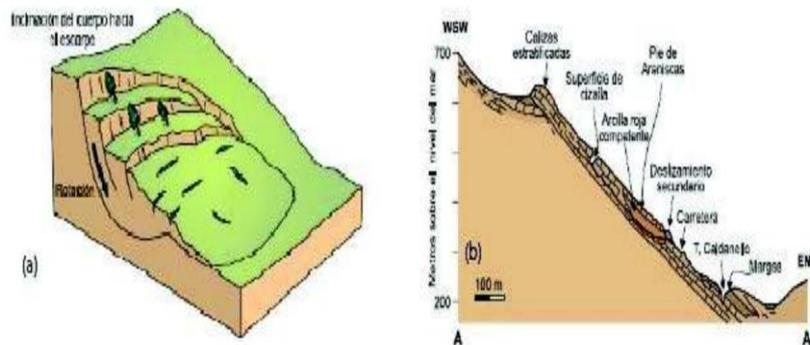
Deslizamientos rotacionales

Estos movimientos ocurren cuando la superficie de fractura es superficial o profunda, ya sean juntas, grietas o planos de tierra. Su falla es paralela a la superficie de la falla provocando un desplazamiento rotacional. (Highland y Bobrowsky, 2008)

Deslizamientos traslacionales

En estos deslizamientos, el daño se inclina hacia superficies planas quebradizas preexistentes (superficies de laminación, contacto entre materiales, superficies estructurales, etc.); a veces un plano de discontinuidad donde la capa delgada de arcilla entre capas tiene más competencia. (De Vallejo et al., 2002).

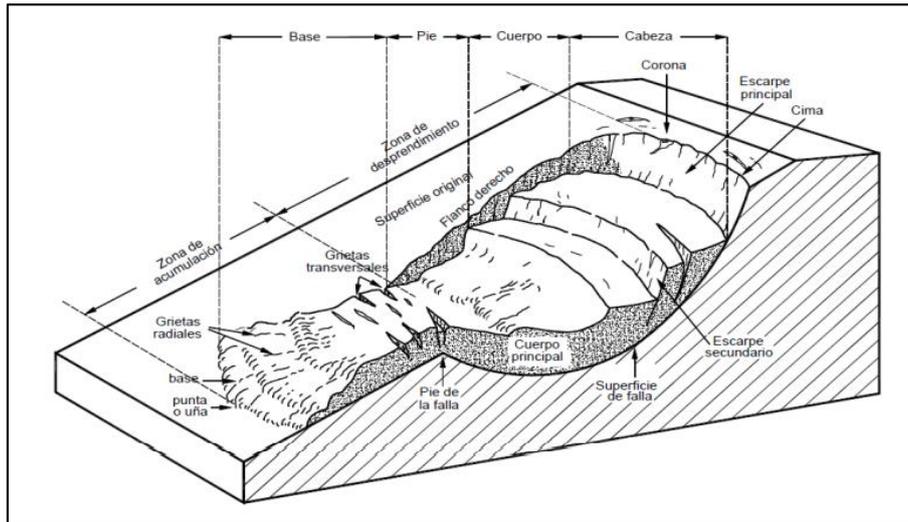
Figura 1. (a) *Deslizamiento rotacional* (b) *Deslizamiento traslacional*



Nota. Adaptado por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)

4.2.1. Parte de deslizamientos

Figura 2. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.



Nota. Adaptado por Suárez (2009).

- Cabeza: Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- Cima: El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- Corona: El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- Escarpe principal: Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- Escarpe secundario: Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- Superficie de falla: Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

- Pie de la superficie de falla: La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- Base: El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- Punta o uña: El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- Cuerpo principal del deslizamiento: El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- Superficie original del terreno: La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- Costado o flanco: Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie. (Suárez, 2009).

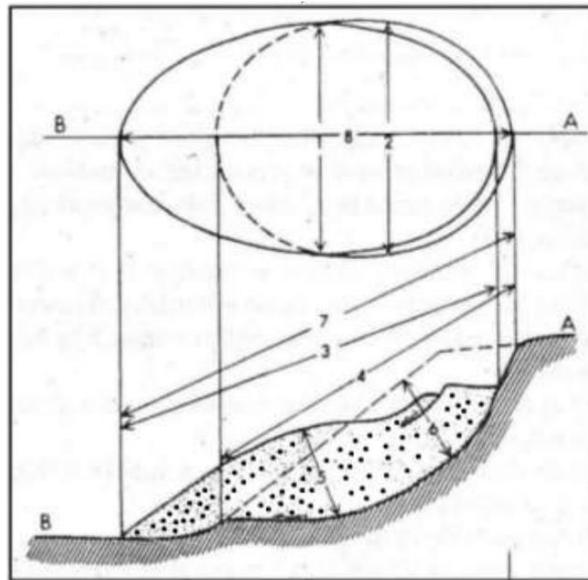
4.2.2. Dimensiones de los deslizamientos. Morfometría

Según Suárez (2009) se debe medir la altura del nivel freático, la altura de la pendiente, el radio de giro del movimiento y la pendiente de la superficie antes y después del asentamiento. En los deslizamientos, la escala horizontal debe ser igual a la vertical. Se recomienda especificar las dimensiones en los planos del sitio y el perfil del sitio del deslizamiento.

Las dimensiones morfométricas de los deslizamientos son:

1 Ancho de la masa desplazada, 2 Ancho de la superficie de ruptura, 3 Longitud de la masa desplazada, 4 Longitud de la superficie de ruptura, 5 Espesor de la masa desplazada, 6 Espesor de la superficie de ruptura, 7 Longitud total, 8 Longitud de línea central

Figura 3. Deslizamiento morfométricas de los deslizamientos



Nota. Adaptado por Cruden y Varnes (1996).

4.2.3. Velocidad de los deslizamientos

La velocidad de los deslizamientos indica la velocidad de movimiento que, junto con su masa, controla su energía y la posibilidad de daño. Para cada tipo de movimiento, se describe el rango de velocidad, que es un factor importante en relación con el tamaño de estos movimientos y la amenaza que pueden representar.

En la siguiente tabla indica la relación entre el rango típico de velocidad y la escala de velocidad propuesta por Cruden y Varnes (1996).

Tabla 1. Escala de velocidades de deslizamientos

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	5×10	5 m/s
6	Muy rápido	5×10	3 m/min
5	Rápido	5×10	1,8 m/h
4	Moderada	5×10	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

Nota. Adaptado por Cruden y Varnes (1996).

4.2.4. *Inventario de Deslizamientos*

El conocimiento del movimiento de la masa en un área determinada se representa mediante un mapa de inventario de deslizamientos que muestra la ubicación y los alrededores de los bloques en movimiento. Un inventario de movimiento masivo es un conjunto de datos que pueden representar uno o más eventos. Los mapas muestran la ubicación de los movimientos de deslizamientos masivos, mientras que los mapas a mayor escala pueden distinguir las fuentes de movimientos masivos, clasificar diferentes patrones de deslizamientos y mostrar otros datos relevantes. (Cardona y Giraldo, 2016).

Un mapa de inventario debe incluir todos los movimientos que ocurrieron hasta la fecha, lo que representa incertidumbres a lo largo del tiempo o por región. Puede incluir información adicional indicando el tipo de movimiento, edad, actividad, material rocoso que se está moviendo, etc. La representación dependerá del tamaño y detalle del mapa y del grado de inestabilidad. De esta forma, la realización de los inventarios depende de la precisión y confiabilidad de la información del mapa. La calidad del mapa dependerá de la integridad del mapa, la información geográfica y la razonabilidad del tema presentado en el inventario. (Guzzetti et al., 2012).

4.2.5. *Factores de inestabilidad de deslizamientos*

Según Ferrer (1987) la estabilidad del talud se debe a la acción simultánea de muchos factores. Desde un punto de vista físico, los deslizamientos surgen debido al desplazamiento existente entre las fuerzas que actúan sobre el volumen de la tierra. Los factores que afectan a la estabilidad del talud se pueden dividir en dos grandes grupos: factores internos y factores externos.

Los factores internos provocan diferentes tipos de deslizamientos, diferentes mecanismos y formas de destrucción. Estos incluyen características internas relacionadas con las propiedades y resistencia del material, y características externas relacionadas no con el material sino con la morfología del talud y las condiciones circundantes. El primero incluye parámetros como petrografía, textura (medición de granos, cemento), consolidación y espesor del material, así como parámetros estructurales relacionados con la delaminación y el plano de debilitamiento (sumes, fallas y grietas).

Los factores externos actúan sobre el material y modifican las condiciones iniciales del talud, provocando o desencadenando fallas por cambios en el equilibrio. Se consideraron tres

tipos de actividad: intrusión de agua, vibraciones y transformaciones hechas por el hombre. La infiltración de agua aumenta la presión intersticial, lo que reduce la resistencia del material.

La relación entre la ocurrencia de deslizamientos y los períodos de lluvia o deshielo es bien conocida. Las fluctuaciones en los niveles de agua subterránea pueden estar relacionadas con fuertes lluvias, intervención humana, etc. Por otro lado, sacudir, acelerar el suelo, contribuye a la destrucción y licuefacción. Esto puede ser causado por movimientos sísmicos naturales o provocados por el hombre, como explosiones en minas o estructuras públicas. Los terremotos inducidos por la naturaleza son uno de los principales contribuyentes a los deslizamientos de tierra, y los terremotos más fuertes causan miles de deslizamientos de tierra en un área de más de 100,000 kilómetros cuadrados. (Ferrer, 1987)

Según Cueto, Estévez y Ordaz (2019) los factores de control o condicionantes son aquellos que hacen que las laderas sean susceptibles a deslizamientos, pero no los inician.

Según Mora y Vahrson (1994) los factores de susceptibilidad son aquellos que son inherentes a las propiedades y comportamiento del medio ambiente, es decir, son factores pasivos. Como en el caso de la pendiente, condiciones naturales petrográficas y de humedad, así como muchos otros factores que dependen de las características locales de cada pendiente. Factores de disparo (detonante): aquellos factores externos provocan un comportamiento dinámico activo y qué las condiciones iniciales producirán una mayor o menor intensidad del fenómeno. Son esencialmente inherentes a la magnitud de los movimientos sísmicos y la precipitación.

4.2.5.1. Factores condicionantes.

Se refiere a los factores intrínsecos del sistema, que caracterizan de una manera propia el área sobre los que una amenaza puede actuar.

Los factores condicionantes corresponden a aquellos que crean una situación potencialmente volátil. Corresponden principalmente a la geomorfología, geología, geomorfología y vegetación, trabajando por el control de la susceptibilidad de un sitio a la ocurrencia de desalojos masivos, donde la susceptibilidad se define como la capacidad o potencialidad que tiene una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico. (Obregón y Lara, 2013)

Geología y Geotecnia: La geología y la geotecnia influyen en mayor o menor medida en la formación de diferentes remociones en masa. Los factores en esta categoría incluyen el

tipo de lecho y el material del lecho, la densidad, la ductilidad, el contenido de humedad, la permeabilidad al agua; petrología de las rocas, su estructura, transformación y meteorización. (Lara, 2007).

Geomorfología: Las características geomorfológicas que condujeron al desplazamiento masivo incluyen principalmente topografía, pendientes pronunciadas, fuertes desviaciones de pendientes y grado y elevación de pendientes. Estas características afectan la velocidad, la energía y la cantidad de rechazo que puede ocurrir. Asimismo, cualquier modificación de los mismos puede convertir un gradiente estable en uno inestable y provocar remociones. (Popescu, 2002).

Hidrología e Hidrogeología: La red de drenaje, la ubicación y oscilación de las aguas subterráneas, la escorrentía, la tasa de flujo y la tasa de infiltración son factores hidrogeológicos e hidrogeológicos que determinan el flujo, ya que están directamente relacionados con la combinación de agua que ingresa a la tierra o las cadenas montañosas. El suelo saturado tendrá un rango diferente de cohesión dependiendo de su granulometría. (Lara, 2007)

Vegetación: según Selby, (1982) la vegetación ayudará a reducir el impacto de la erosión en las laderas causada por factores como el clima, las características del suelo y la topografía. La presencia de árboles en las laderas les permitirá absorber agua, reduciendo el nivel de saturación del suelo. Además, sus raíces ayudan a estabilizar el talud, actuando como un ancla de refuerzo, recuerda que en algunos casos esta estabilidad es solo superficial. De manera similar, determinar que la vegetación ideal para la estabilización de taludes estaría asociada con un bosque herboso o una cubierta de pasto, revela los principales efectos de la vegetación en la estabilidad del suelo, entre ellos: la vegetación evitará que el agua caiga, reduciendo la posibilidad de erosión.

Clima: Los principales factores que provocan la erosión de las laderas son la precipitación, la temperatura, el viento y la radiación solar, de los cuales la precipitación es el más importante. La precipitación, además de ser considerada como uno de los factores más importantes que inician la remoción de masa, determina la estabilidad de la masa, reduce la resistencia de la estructura debido a la inclusión de agua entre grietas en la masa y/o estructura del suelo, reduciendo el coeficiente de fricción. (Lara, 2007)

4.2.5.2. Factores desencadenantes.

Son vistas como acciones externas que desestabilizan y conducen a movimientos de masas al modificar condiciones preexistentes. Estos son: precipitación, terremotos y temblores, erosión, sequía, agrietamiento del suelo, factores antropogénicos. (Santos, 2009).

Según Torrijo (2003) los elementos que provocan deslizamientos están relacionados con cambios que ocurren en las propiedades intrínsecas del suelo. Los elementos que influyen en los deslizamientos y en su formación son la Litología, las propiedades resistentes del material, la estructura geológica, las condiciones hidrogeológicas y las morfología de la zona.

Lo cual también puede dividirse en factores naturales: como la meteorización, la erosión, la orientación con respecto a la estructura, la geológica, las pendientes, la climatología, el agua, la sismicidad y las Vegetación. Y en factores antrópicos: las excavaciones por minería y obra civil, las voladuras, el sobrecargas en laderas y los cambios del nivel freático.

4.3. Susceptibilidad

La susceptibilidad se define como la tendencia o predisposición de un lugar a ser afectado o afectado por un proceso en particular, siendo una de sus funciones más destacadas la identificación de áreas donde se necesita una investigación más específica y específica (área de crítica). Sin embargo, debe recordarse que los límites de cumplimiento que se muestran son solo para fines de referencia y no deben tomarse como valores absolutos. (Ayala y Olcina, 2002)

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos muestra la susceptibilidad relativa del área a los deslizamientos. Tiene un solo componente espacial. Por otro lado, el mapa de amenaza de deslizamientos también contiene información sobre las probabilidades temporales del evento desencadenante. Muchos de los llamados "mapas de amenazas" son, de hecho, "mapas de susceptibilidad" debido a la dificultad de obtener información de tiempo para la evaluación de amenazas.

4.3.1. Susceptibilidad a deslizamiento

Según Navarro Vidal (2012) la susceptibilidad del suelo al movimiento de laderas se define como el entorno físico favorable y los elementos inherentes al suelo y las masas superficiales, como la geología, la pendiente, la geomorfología, el uso del suelo, etc., conducentes a la ocurrencia de deslizamientos. Indica la predisposición del área al deslizarse, pero no indica su aspecto temporal. Los factores de vulnerabilidad se utilizarán en función de la disponibilidad de datos de escala de actividad.

Tabla 2. *Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos*

Susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales Moderada parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Nota: Adaptado de Sarkar y Kanungo, (2004).

La zonificación de la vulnerabilidad requiere un inventario detallado de los procesos desestabilizadores, a saber: los estudios de estos procesos junto con su entorno externo, análisis de las vulnerabilidades y desencadenantes, representación espacial de los factores y procesos inestabilidad. (Barrantes Castillo et al., 2011).

4.3.2. Variables para analizar la susceptibilidad

4.3.2.1. Litología.

La litología estudia las propiedades de las formaciones rocosas que componen una determinada formación geológica, lo que permite la identificación de unidades pétreas. Se supone que cuando una roca (o gran parte de ella sistemáticamente) cubre una superficie extensa, el crecimiento de la flotabilidad de esta superficie es moderado. La litología incluye la estructura, la textura, y otras características que afectan el comportamiento físico o químico de las rocas y los sedimentos. Estos atributos es una condición tienen una mayor parte de la fuerza adhesiva, el ángulo de fricción interna, la permeabilidad, y la susceptibilidad. (Remondo, 2001).

4.3.2.2. Geomorfología.

Según Bergoeing, J. P. (2008) la geomorfología es el estudio de todos los procesos de erosión y deposición debidos a la acción meteorológica, tectónica, volcánica, humana, etc. Desde el Cuaternario, e incluso afectan en el fondo del océano (Geomorfología dinámica). Además, estudió la estructura de la Tierra y su origen (geomorfología estructural). Su

investigación permite a la humanidad planificar y organizar el entorno en el que vive, respetando el medio ambiente.

Según Hubp (2011) la geomorfología es la rama de la geología que estudia la morfología de la superficie terrestre (forma topográfica), incluida la morfología de la superficie cubierta por mares, lagos, ríos y glaciares; y la superficie de las estrellas en el sistema solar. La investigación en el campo de la geomorfología incluye la descripción de la morfología, el origen, la estructura, la historia del desarrollo, la dinámica moderna, el diagnóstico futuro y su relación con la actividad humana.

4.3.2.3. Pendiente.

Este indicador morfométrico representa la inclinación de la superficie terrestre con respecto al plano horizontal. Se requiere ángulo de inclinación estudia muchos procesos externos (como la gravedad y la erosión hídrica), donde la energía disponible para estos procesos depende de la pendiente del techo, no solo tiene valor teórico, sino también valor práctico. (Ramirez, 2015)

4.3.2.4. Cobertura Vegetal.

Según Bennett (1999) define a la Cobertura Vegetal como la capa de vegetación natural que cubre la superficie de la tierra, incluyendo diferentes tipos de biomasa con características fisonómicas y ambientales que van desde los pastizales hasta las zonas cubiertas de bosques natural. También se incluyen las coberturas vegetales causadas por la acción humana, como las áreas plantadas.

4.3.2.5. Precipitación.

Según Jimenez (2002) las fuertes lluvias combinadas con el tipo de suelo, en algunos casos, material muy modificado facilitan la formación y aceleración de deslizamientos porque el suelo arcilloso satura el agua recibida, se vuelve más pesado y combinado con el nivel de la pendiente existente que puede deslizar.

La relación entre fuertes lluvias y deslizamientos de tierra es un hecho frecuente y bien estudiado. En sí, el análisis es complejo en cuanto a la cantidad e intensidad de lluvia requerida para producir un deslizamiento mayor. El agua está asociada con asentamientos y deslizamientos de tierra, y el ingreso y movimiento de agua en suelos inclinados aumenta el contenido de humedad, lo que aumenta en gran medida la masa unitaria total del suelo. Este

aumento de peso es significativo, especialmente cuando se combina con otros efectos que vienen con un mayor contenido de agua. (Duncan y Wright, 2005).

4.3.3. *Sistemas de Información Geográfica para evaluar la Susceptibilidad a deslizamientos*

Una definición clásica es la de Tomlin (1990) un SIG es un elemento que le permite "analizar, presentar e interpretar hechos sobre la superficie de la tierra". Sin embargo, el mismo autor argumenta que esta es una definición muy amplia y muchas veces se utiliza una definición más específica. En pocas palabras, un GIS es una colección de software y hardware diseñada específicamente para recopilar, mantener y utilizar datos cartográficos.

Existen diferentes métodos para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos usando SIG. Proporciona una descripción general de la información más utilizada, incluidas principalmente estimaciones estadísticas, identificación, indexación y vulnerabilidad directa. La aplicabilidad de cada método a un área determinada depende principalmente de las características y la escala del área, el tipo y la extensión de los deslizamientos disponibles y los datos hidrogeológicos y geotécnicos disponibles y el alcance del trabajo. (Obregón y Lara, 2013)

Tabla 3. *Capas de datos para el análisis de amenazas por los deslizamientos*

Tema	Capa de Datos	Tablas de Datos de Acompañamiento
Geomorfología	Unidades de terreno para el mapeo	Unidades de terreno para el mapeo.
	Unidades y subunidades geomorfológicas	Descripción geomorfológica.
	Deslizamientos recientes	Tipo, actividad, profundidad, dimensiones, etc.
	Deslizamientos antiguos	Tipo, actividad, profundidad, dimensiones, etc.
Topografía	Modelo digital del terreno	Clases de altitud.
	Mapa de pendiente	Ángulos y clases de talud.
	Mapa de dirección de pendientes	Clase de dirección de pendientes.
	Longitud de las pendientes	Clases de longitud de las pendientes.
	Concavidades y convexidades	Datos de concavidades o de convexidad.
Geología y Geotecnia	Litología	Litología, existencia de la roca, desplazamiento de discontinuidades.
	Secuencias de materiales	Tipos de material, profundidad, clasificación unificada, granulometría, densidad, c y ϕ .
	Mapa de geología estructural	Tipos de falla, longitud, buzamiento, dirección, ejes de plegamiento, etc.
	Aceleraciones sísmicas	Aceleración sísmica máxima, periodo de retorno.
Uso de la tierra	Infraestructura reciente	Carreteras, acueductos, urbanizaciones, etc.
	Infraestructura antigua	Carreteras, acueductos, urbanizaciones, etc.
	Mapa de uso actual de la tierra	Tipos de uso, densidad de árboles, profundidad de raíces.

Tema	Capa de Datos	Tablas de Datos de Acompañamiento
Hidrología	Uso antiguo de la tierra	Tipos de uso.
	Drenaje	Tipo, orden, longitud, densidad.
	Áreas, diferencia de escorrentía	Orden, tamaño.
	Lluvias	Cantidades de precipitación, intensidades, periodo de retorno.
	Temperatura	Temperatura en el tiempo.
	Evapotranspiración	Evapotranspiración en el tiempo.
	Mapas de niveles freáticos	Profundidad del nivel freático en el tiempo.

Nota: Adaptado de Soeters y Van Westen (1996)

4.4. Metodologías para evaluar susceptibilidad por deslizamientos

Según González de Vallejo et al., (2002) los mapas de susceptibilidad se desarrollan de diferentes formas:

Evaluación directa: Para reconocimiento de campo o para decodificación detallada de imágenes. Este tipo se lo puede realizar a mediana y gran escala.

Modelos cartográficos: Superponiendo mapas que muestren elementos pasivos y activos. Esta categoría se puede desarrollar de manera convencional (los contribuyentes se superponen con procedimientos de fragilidad conocidos para determinar la vulnerabilidad) o mediante la construcción de índices obtenidos mediante la asignación de valores y pesos para variables de fragilidad representativas. inestable, deslizamiento de tierra, en cuyo caso es útil utilizar sistemas de información geográfica (SIG) para asignar valores espaciales y funciones matemáticas. Este método es adecuado para pequeña y mediana escala.

Métodos probabilísticos: Como en el apartado anterior, pero además de determinar la frecuencia de factores activos como la frecuencia de lluvias o terremotos de una determinada magnitud, también se puede utilizar la frecuencia de eventos de inestabilidad detectados

4.4.1. Métodos cualitativos

En este método cualitativos o geomorfológicos, los elementos principales del mapeo de amenazas de deslizamientos son los mapas de los puntos de deslizamiento que hubo en el pasado en el área de estudio y su geomorfología.

La base de este método fue establecida por Kienholz (1977) quien desarrolló un método para crear un mapa de riesgo común basado en el mapa de "línea de base", lo que permite la evaluación de riesgos en cada sitio. Sin embargo, se decidieron y evaluaron los lugares de muestreo. Las reglas son complejas de evaluar y varían de un lugar a otro.

En este método se encuentra: Evaluación por un experto, este es el método de mapeo más común. Esto se basa en la experiencia adquirida en situaciones similares por un experto que establece reglas y normas para la estabilidad y el desarrollo de los movimientos. Método Mora Vahrson Mora, donde realizó estudios de casos de hundimiento de laderas en América Central y propuso un método de pronóstico de riesgo para identificar áreas de posibles deslizamientos de tierra en caso de un factor desencadenante: fuertes lluvias, terremotos severos. Aquí se incluyen tres factores de sensibilidad: dilución relativa, condiciones rocosas y humedad.

4.4.2. Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos se establecen en expresiones matemáticas que se ligan con los elementos causales y deslizamientos de tierra. Dentro del análisis de este método se contemplan el análisis bivariado, multivariado, la regresión logística, la lógica difusa, etc. (Westen, 1997)

Métodos deterministas: Basado en el cálculo de estabilidad de taludes en un área específica. Solo para grandes escalas. Un análisis determinístico exige de una información detallada completa y clara sobre los siguientes aspectos:

- Ubicación de áreas potencialmente inestables.
- Propiedades geológicas y geotécnicas de los materiales.
- El tiempo y las condiciones en que puede ocurrir este fenómeno.
- La distancia de transferencia del fenómeno.

Métodos estadísticos: Los factores se evalúan utilizando puntuaciones ponderadas y se combinan con ecuaciones matemáticas para determinar la probabilidad de que ocurra el fenómeno.

4.4.3. Métodos semicuantitativos

En este método son metodologías cualitativas que utilizan de manera de ponderación y calificación. En esta metodología pertenece al proceso analítico jerárquico (AHP) aplicado por Saaty (1980). Ya que dentro de esta metodología se puede mencionar el Método Multicriterio.

5. Metodología

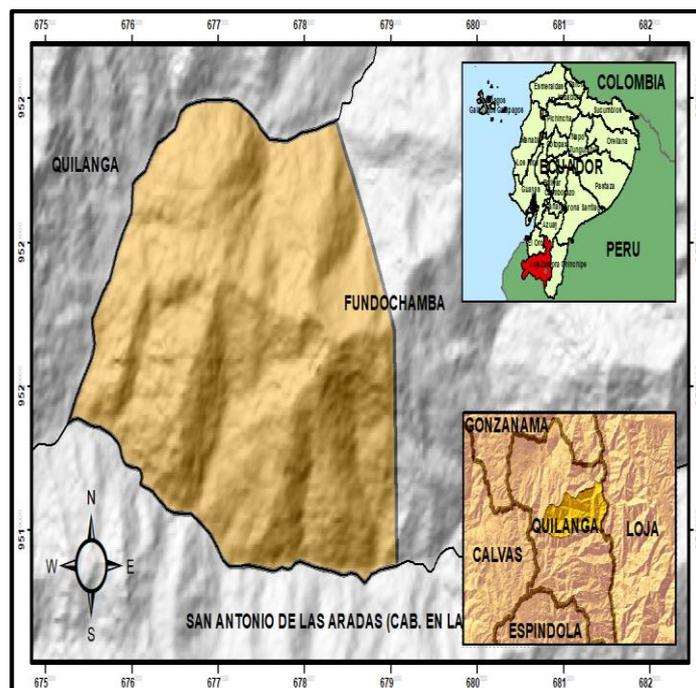
5.1. Área de Estudio

La presente investigación se realizó el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos, ubicado en la zona Oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja, cubriendo un área de extensión de 9.11 km². Se analizaron los factores condicionantes topográficos, pendientes, geomorfológicos, geológicos, cobertura vegetal e precipitaciones, así como también, se desarrolló el inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio.

5.1.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra en la parroquia Fundochamba, al sur este de la provincia de Loja, en la zona central el cantón Quilanga, como muestra en la figura 4. Posee un rango altitudinal que va de 1350 a 2050 msnm. Sus límites son: al norte con la parroquia Quilanga, al sur con la parroquia San Antonio de las Aradas, al este con la parroquia Vilcabamba, y al oeste con la parroquia Quilanga y San Antonio de las aradas. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (2020), la población es de 475 habitantes que equivale al 9.12% de toda la población cantonal, la cual es 4637 habitantes. (PDOT Fundochamba,2023).

Figura 4. Ubicación del área de estudio



5.1.2. Acceso

El acceso al área de estudio se lo realiza mediante vía terrestre desde la ciudad de Quito a través de la vía panamericana, atravesando por los cantones Guayaquil, Machala, Catamayo, Gonzanamá y Quilanga, o desde la ciudad de Loja por la Vía Loja, Catamayo, Gonzanamá y de Quilanga hasta la Parroquia Fundochamba. Para el acceso por vía aérea se lo realiza desde el Aeropuerto “José Joaquín de Olmedo de Guayaquil” o del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito, hasta llegar al Aeropuerto de la parroquia Catamayo y luego un recorrido por vía terrestre, de un tiempo estimado de 2 horas para llegar a la parroquia Fundochamba.

5.1.3. Clima e Hidrografía

El clima es el conjunto de condiciones meteorológicas características de un área, incluyendo la cantidad y frecuencia de las precipitaciones, la humedad, la temperatura, el viento y la presión, etc. El clima está organizado por latitudes (clima ecuatorial, tropicales, templados y polares) y geografía (altitud, proximidad al mar y montañas, relieves, plantas, etc.). En la parroquia Fundochamba el tipo de clima es de Clima Ecuatorial mesotérmico Semi húmedo que está caracterizado por precipitaciones anuales de 500 a 2000 mm. Tiene dos estaciones de lluvias que va de febrero a mayo y octubre a noviembre. Es un clima principalmente de valles montañosos, y la temperatura promedio oscila entre los 12 – 20 grados centígrados. (PDOT Fundochamba,2023).

La parroquia Fundochamba tiene dos redes hidrológicas principales lo cual sirven como límites parroquiales: micro cuenca de la quebrada Saco, que se encuentra aguas abajo del río Elvira; Y el Sural, antes de incorporarse a Elvira, tomó el nombre de Río La Quiróz (La Libertad). En donde el primero comparte un área de drenaje con la parroquia de Quilanga y el segundo con San Antonio de las Aradas, lo cual ambos descienden de Este a Oeste. (PDOT Fundochamba,2023).

5.1.4. Geología Regional

Para el mapa Regional se obtuvo de las cartas Geológicas de Gonzanamá (Hoja 57, N VII-B) y Las Aradas (Hoja 58, N VII-D) ya que están dentro del área de estudio.

Las principales formaciones geológicas del área de estudio están asociadas con las rocas como esquistos pelíticos, esquistos grafitosos, andesita basáltica, y cuarcitas. Consintiendo por rocas de edad Paleógeno - Jurásico- Devónico.

Dentro de las formaciones se encuentra la Unidad Río Guayucu comprende por tobas andesíticas, areniscas volcánicas, limolitas y arcillolitas, intercaladas con andesitas y tobas ácidas; la Unidad Alao Paute comprende por esquistos verdes, meta andesitas e intercalaciones de metapelitas, y la Unidad Chigüinda por filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos. A continuación, las formaciones geológicas del área de estudio.

5.1.5. Litoestratigrafía

- **Unidad Río Guayucu (Pc Rg).**

Según Kennerley (1973) está conformada por tobas andesíticas estratificadas, areniscas volcánicas, limolitas y arcillolitas, intercaladas con andesitas de color gris y tobas ácidas. Se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las rocas volcánicas de la U. Changaimina y en contacto tectónico con rocas metamórficas a lo largo del sistema de fallas Las Aradas. Esta secuencia volcano sedimentaria presenta un espesor de 200 a 300 m. La edad se asume por relaciones estratigráficas y es inferida como paleocénica. Es una secuencia volcano sedimentaria estratificada, constituida por depósitos de caída, láhars y localmente areniscas volcánicas. Se infiere una edad paleocénica y depositada en un ambiente volcánico activo.

- **Unidad Alao – Paute (J Aa).**

Según Litherland et al., (1994) reportan la presencia de esta unidad en el denominado “Inlier de Quilanga”. Los principales afloramientos se exponen en las vías Quilanga – Las Aradas (UTM: 676 516E; 9 521 590N) y Purunuma – Malacatos. Litológicamente consiste de esquistos verdes, meta andesitas de color gris verdoso e intercalaciones de metapelitas de color gris, con esquistosidad pronunciada. Litherland y otros (1994) sugieren que la Unidad Alao – Paute corresponde a un arco de islas oceánico.

Parte del terreno litotectónico Alao, se extiende por las estribaciones occidentales de la cordillera Real como escamas tectónicas acuñadas. Los afloramientos están en las localidades de Fundochamba, Las Cuadras, Santa Rosa y Los Amarillos. Consta de esquistos verdes, metandesitas y metabasaltos con textura lepidoblástica, acompañados localmente por niveles de metapelitas color gris, con una marcada esquistosidad. Relaciones litoestratigráficas ubican a la U. Alao Paute en contacto tectónico con rocas volcánicas de las unidades Changaimina y El Ingenio y con las rocas metamórficas de Chigüinda. Dataciones recientes la ubican en el Jurásico Medio, $163,7 \pm 1,6$ Ma. (Litherland et al., 1994)

- **Unidad Chigüinda (PzLc).**

Según Litherland et al., (1994) se encuentra ampliamente expuesta, principalmente en el flanco occidental de la CR y formando el basamento de las cuencas de Loja y Vilcabamba. Incluye secuencias de rocas metamórficas de bajo grado con filitas, cuarcitas, esquistos pelíticos y esquistos grafitosos. Al suroriente de Vilcabamba, las cuarcitas aparecen localmente conglomeráticas con clastos de filita y cuarcita con débil foliación (UTM: 700 149E; 9 522 358N). Esta sucesión metasedimentaria al microscopio exhibe una paragénesis mineral de bajo grado de metamorfismo: cuarzo + albita + moscovita \pm biotita \pm clorita \pm grafito, es decir en facies de metamorfismo de esquistos verdes a sub-esquistos verdes.

El espesor de varios miles de metros probablemente se encuentra aumentado por procesos de transposición tectónica y cabalgamientos. Litherland y otros (1994) sugieren una edad Devónico a Pérmico y Chew y otros (2007) reportan una datación U/Pb de 362 ± 12 Ma en zircón. (Litherland et al.,1994)

5.2. Materiales

La presente investigación se lo realizó mediante el uso de los materiales de campo, oficina y de geoprocésamiento, para así dar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

5.2.1. *Materiales de Campo*

- Lupa.
- Libreta de campo
- GPS.
- Piqueta.
- Ácido clorhídrico al 10%.
- Fundas de plástico Ziploc.
- Brújula Brunton.
- Cámara Fotográfica
- Fichas de caracterización de afloramientos.

5.2.2. *Materiales de Oficina*

- Computador.
- Impresora.
- Microsoft Office 2016 (Word - Excel - Power Point)
- Software: ArcGIS 10.5.
- Software: ENVI 5.3.

5.2.3. Materiales de Geoprocesamiento

Tabla 4. Materiales de Geoprocesamiento

INSUMO	ESCALA	FUENTE	AÑO
Carta topográfica de Gonzanamá (N VII_B3)	1:50.000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1981
Carta topográfica de Las Aradas (N VII_B3)	1:50.000	Instituto Geográfico Militar (IGM)	1981
Carta Geológica de Gonzanamá (Hoja 57, N VII-B)	1:100.000	Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico	2017
Carta Geológica de Las Aradas (Hoja 58, N VII-D)	1:100.000	Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico	2017
Ortofotos con resolución espacial de 50 cm	1: 5000	SIGTIERRAS	2015
Imágenes satelitales	1:5000	Google Earth Pro	2020
Modelo Digital de Terreno (MDT)	Resolución 3 m/pixel	Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica	2015
Polígono de delimitación territorial de la parroquia		Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Quilanga	2015

5.3. Procedimiento

La presente investigación se realizó en 4 fases: Fase preliminar, Fase de campo, Fase de gabinete y fase de validación.

Fase preliminar

En la fase preliminar se organizó la información bibliográfica y cartográfica recopilada en la parroquia de Fundochamba para su debido análisis y posterior procesamiento.

Se consideró como el primer paso recopilar información de diversas fuentes, como información cartográfica, para obtener una visión general de los deslizamientos en el área de estudio. La información bibliográfica se obtuvo mediante la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial del cantón Quilanga y de la parroquia Fundochamba; y la información cartográfica, se obtuvo en fuentes públicas como: cartas topográficas del Instituto Geográfico

Militar (IGM), Ortofotos del Sistema Nacional de Información, Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS), y las hojas geológicas del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico.

Fase de campo

Durante la fase de campo, se hizo visitas técnicas al área de estudio, durante las cuales se recopiló la información respecto a la variante de geología por medio de fichas de afloramientos, donde se procedió a realizar la descripción litológica en los afloramientos naturales y antrópicos de la zona de estudio; la identificación y medición de estructuras geológicas, mediante el uso de brújula, GPS y cinta métrica.

Posterior se realizó el inventario de los deslizamientos, mediante la aplicación de la ficha de inventario que constan en el *Anexo 3*. Adicionalmente, se llevó a cabo la recolección e información, así como la toma de fotografías que servirán como insumos para los mapas temáticas de las variantes geomorfología y cobertura vegetal.

Fase de gabinete

A partir del levantamiento de información en campo de las variables de geología, cobertura vegetal, geomorfología se generaron los mapas temáticos mediante el uso de software ArcGis 10.5, que nos dio insumos mapas a una escala 1:10.000.

Así como también se generaron los mapas de temáticos de topografía, pendientes e isoyetas en el mismo software.

Fase de validación

Una vez generados los mapas temáticos se dirigió al área de estudio para corroborar los mapas temáticos de las variables realizadas (geomorfológico, cobertura vegetal, geología) mediante la toma de puntos GPS.

5.3.1. Metodología para el primer objetivo

“Determinar los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendientes y cobertura vegetal) para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos dentro del área de estudio”

Para la realización de los mapas temáticos de los factores condicionantes del área de estudio, se va considerar las siguientes variables:

- Pendientes del terreno a escala 1: 10000

- Geología a escala 1: 10000
- Geomorfología, a escala 1: 10000
- Cobertura vegetal a escala 1: 10000

Adicional a los factores condicionantes, se ha considera la inclusión de la variable precipitaciones, debido que esta influye de manera directa en la meteorización de los materiales dentro del área de estudio.

- Mapa de Isoyetas a escala 1: 10000

➤ **Topografía**

El desarrollo de la base topográfica del área de estudio fue importante para la elaboración de los mapas temáticos. La base topográfica se la obtuvo en el procesamiento del software ArcGIS 10.5, partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) que cuenta con una resolución de pixel de 3 x 3 m, cuya escala aproximada es de 1:6.000; según Waldo Tobler (1987), reconocido cartógrafo analítico estableció que la fórmula para determinar la escala es:

$$\text{Escala del mapa} = \text{Resolución del ráster (en metros)} * 2 * 1000$$

$$\text{Escala del mapa} = 3 * 2 * 1000 = 6000$$

A partir del MDT se generaron las curvas de nivel a través de un TIN, luego se realizó las equidistancias de las curvas de nivel con la herramienta *Contour* lo cual se lo ubica en *3D Analyst Tools - Raster Surface - Contour*. Para este caso, las curvas principales fueron generadas cada 50m y las curvas secundarias cada 10m. Adicional a ello, para la digitalización de la red hídrica y vial del área de estudio se utilizó las Ortofotos de la zona de estudio, que complementan para el mapa topográfico.

La generación del mapa topográfico se lo elaboro con el fin de ser la base para los demás mapas temáticos, en especial el mapa de pendientes de la zona de estudio. Como resultado del procedimiento descrito, se obtuvo el mapa topográfico a una escala de 1:10.000.

➤ **Mapa de pendientes**

Para el mapa de pendientes se generó en el software Arcgis 10.5 a partir la base topográfica del área, para lo cual se utilizó primeramente la herramienta *Slope*, en donde está ubicado en *Spatial Analyst Tools - Surface - Slope*. Luego se utilizó la herramienta *Reclassify*, lo cual se la ubica en *Spatial Analyst Tools - Reclass - Reclassify*. Para la distribución de los

valores de pendientes presentes en el área de estudio se reclasificó los rangos de pendientes propuestos por Demek (1972), ver Tabla 5.

Tabla 5. *Capas de Clasificación de pendientes*

Término de la pendiente	Categoría (°)
Ligeramente inclinado	0-5
Fuertemente inclinado	> 5-15
Muy inclinado	> 15-35
Empinado	> 35-55
Vertical	> 55

Nota: Demek (1972).

Una vez reclasificado se hizo la conversión de Raster de pendientes a Vector, con la ayuda de la herramienta *Raster to Polygon*, ubicado en *Conversion Tools - From Raster - Raster to Polygon*,

Se eliminó los campos repetidos con la opción *gridcode* para que queden como un solo polígono por cada clasificación, esto con la herramienta *Dissolve*, en donde se la ubica en *Data Management Tools - Generalization - Dissolve*. Posterior se calculó el área, rango y porcentaje en la tabla de atributos de dicho mapa, con su color respectivo de acuerdo a su clasificación. Como resultado del procedimiento antes descrito, se obtuvo el mapa de pendientes a una escala 1:10.000.

➤ **Mapa Geológico**

Para la elaboración mapa Geológico se tomó como base el mapa topográfico ya generado, para luego en el software ArcGis 10.5 hacer la georreferenciación de las cartas geológicas de Gonzanamá y Las Aradas a escala 1:100.000 del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, luego se realizó en la digitalización de las formaciones y estructuras geológicas presentes en la carta geológica, esto para tener como referencia para el mapa geológico en el área de estudio.

Para el levantamiento geológico-estructural se aplicó la metodología propuesta por el Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador (IIGE, 2019), cuya metodología fue adaptada a continuación:

- **Fase de preparación:** Recopilación de información - Generación de la base topográfica a partir de Modelos Digitales de Terreno (MDT) - Obtención de información geológica

indirecta (fotointerpretación geológica, geología regional). - Elaboración de la base geológica preliminar.

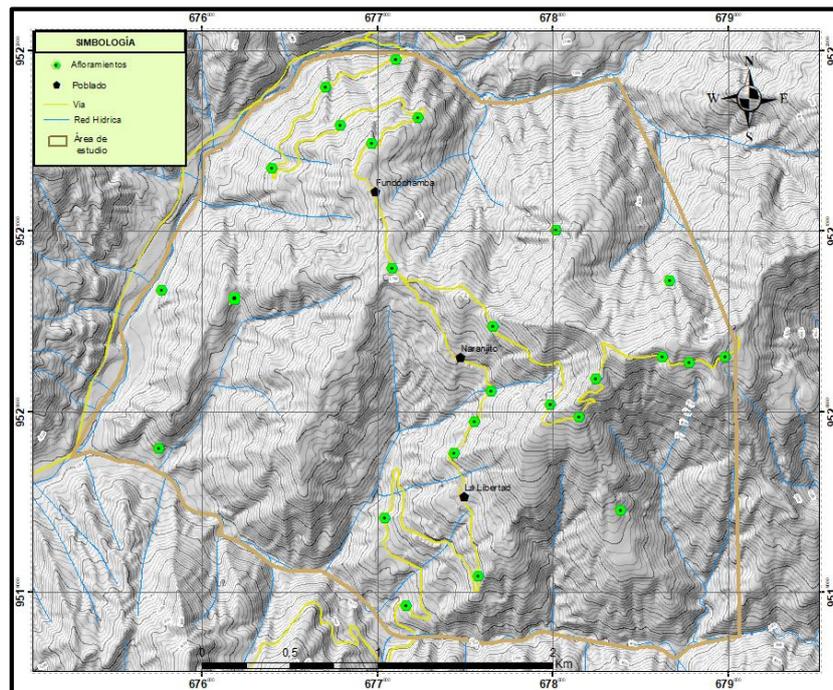
- **Levantamiento de campo:** Preparativos para el levantamiento de campo. Levantamiento de información geológico - estructural de campo.
- **Análisis de Laboratorio:** Muestras de mano para el análisis macroscópico
- **Trabajos de gabinete final:** Integración de información (fichas, mapas, bases de datos, apuntes, etc). - Elaboración del mapa geológico-estructural.

Como primer paso se procedió a identificar los rasgos geológicos y las estructuras por medio de la fotointerpretación, lo cual se consideró algunos fundamentos teóricos del “Manual de Fotogeología” de propuesto por Lopez Vergara (1988) y el libro “Fotogeología Práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa” propuesta por Narango (2015); con la ayuda de la base topográfica, ortofotos y la red hídrica para lograr una mejor interpretación litológica. El mapa litológico se realizó mediante la digitalización de los contactos litológicos en formato “shp”, lo cual constituyen como información preliminar. Para ello se consideró algunos criterios de fotointerpretación:

- **Vegetación y Tono:** Se desarrolló mediante la observación de la intensidad de grises de la vegetación o por humedad del terreno con la ayuda de la ortofoto, ya que son criterios importantes para determinar el tipo de litología.
- **Topografía:** Se analizó de la base topográfico a escala 1:10.000 del área de estudio.
- **Morfología:** Se analizó del mapa Geomorfológico a escala 1:10.000.
- **Red de drenaje:** Se consideró, la densidad, el patrón y la uniformidad de la red de drenaje, debido son fundamentales para lograr una apreciación de la posible de la litología y el control estructural.

Con los contactos trazados por medio de fotointerpretación y por medio del método de mapeo, mediante la descripción de 25 afloramientos (*ver Figura 5*) encontrados en campo lo cual se empleó con la ficha de descripción de afloramientos (*Ver anexo 1*), y se recogió la información levantada de los datos obtenidos en campo en caminos, vías primarias y secundarias presentes en el área de estudio, en donde se tomó la medición de los elementos estructurales (rumbo y buzamiento) de las unidades litológicas presentes en el área de estudio, así como también se realizó la descripción macroscópica de los diferentes tipos de roca mediante los lineamientos del “Instructivo para el manejo de fichas de descripción macroscópica de muestras” elaborado por (Viteri, 2013) (*Ver Anexo 2*).

Figura 5. Ubicación de los afloramientos del área de estudio



Para representar las litologías en el mapa temático, primeramente, se creó una base de datos en Excel con todos los datos obtenidos de los afloramientos descritos en campo (coordenadas, litología, datos estructurales), luego en el software ArcGis 10.5 se agregaron los puntos, y con un “shp” se fueron digitalizando manualmente con polígonos de acuerdo a la litología tomada por cada punto.

Luego, junto con el análisis fofointerpretativo de la geología se procedió a desarrollar las estructuras geológicas del área de estudio, esto teniendo en cuenta algunos factores como la vegetación, humedad alineaciones de drenaje, los rasgos morfológicos (ensilladuras tectónicas, facetas triangulares, cambios bruscos del relieve). Lo cual se usó los MDT para hacer el Hillshade (mapa de sombras) con la finalidad de tener una transparencia del 60% y trasponerlo a las Ortofotos, esto para tener una mejor visualización del relieve en el área de estudio.

Finalmente, las formaciones, la litológica y las estructuras geológicas del área de estudio, fue representado en el mapa geológico a escala 1:10.000.

➤ **Mapa Geomorfológico**

Para el desarrollo del mapa Geomorfológico se lo realizo mediante la metodología aplicada por “Geomofologia, Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000” establecido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015), pero para el caso de la presente investigación se ha adaptado la metodología a escala 1:10.000, ya que las

variables que se implementa para el levantamiento geomorfológico están a esa escala. Esto debido que a nivel nacional no hay levantamientos geomorfológicos a escala 1:10.000, por lo que generalmente las metodologías para el mapa geomorfológico abarcan grandes extensiones.

De acuerdo con la metodología establecida por el MAGAP- SIGTIERRAS (2015) lleva a cabo algunos puntos importantes para la realización de la geomorfología.

- **Recopilación de información:** Insumos básicos (MDT y Ortofotos) y preparación y obtención de información auxiliar: red de drenaje, mapa de pendientes y mapa de sombras con efecto 3D a partir del MDT (hillshade).
- **Fotointerpretación:** Técnica básica de adquisición de información para la elaboración del mapa geomorfológico. La metodología se basa en la generación de información básica, obtenida a partir de la fotointerpretación digital 3D con los insumos principales (MDT y ortofotos)

El proceso de fotointerpretación cubre las siguientes etapas:

Identificación y delimitación de las diferentes geoformas, o unidades geomorfológicas, existentes en el área y la asignación de atributos en cada geoforma delimitada.

La asignación de atributos a cada una de las geoformas delimitadas permite caracterizarlas a través de una serie de rangos o variables específicas de cada atributo, Estas son los siguientes:

- Nombre de la Geoforma.
- Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico
- Génesis (grupo genético al que pertenece cada tipo de Geoforma).
- Formación geológica y litología.
- Forma de la cima, forma de la vertiente y forma del valle (atributos morfológicos).
- Desnivel relativo, longitud de vertiente y pendiente.

Luego se revisan estos atributos:

-Definición de puntos para su posterior comprobación sobre el terreno y definición de itinerarios (tracks) a realizar en campo.

-Revisión cartográfica de los polígonos (delimitación y topología), y la correcta asignación de atributos de todos los polígonos.

- **Fase de campo:**

Criterios para la validación en campo: Una vez obtenidos los mapas preliminares, se procede a realizar el trabajo de campo con el objetivo de verificar in situ las unidades geomorfológicas cartografiadas y sus atributos.

Validación y adquisición de datos de campo: Visita a los puntos definidos, y la ubicación de afloramientos existentes.

- **Integración de datos y adecuación cartográfica final:**

La información recopilada en campo se procesa en gabinete.

Para la elaboración del mapa geomorfológico se usó el software ArcGis 10.5, lo cual primeramente se empleó como base al mapa topográfico a escala 1:10.000. Y para la observación de las características del relieve visibles, en donde reflejan la superficie terrestre como la morfogénesis, morfometría, morfología y morfodinámica (análisis de deslizamientos) del área de estudio, se usó la base de Ortofotos de las imágenes satelitales obtenidas desde SIGTIERRAS, donde fueron analizados y interpretados de manera contextual.

Se utilizó el mapa de sombreado a partir de los MDT con la de la herramienta Hillshade a través de las curvas de nivel; luego en el software ArcGis 10.5 se generó un modelo de elevación TIN, una vez creado este modelo ráster se lo exporto al software ArcScene, donde se pudo observar el relieve superficial más claro gracias a la visualización en 3D dentro del área de estudio. Para la delimitación y digitalización de las geoformas existentes se lo hizo a través de Shp (shapefiles) de polígonos.

Para la clasificación de las geoformas se empleó lo descrito en la tabla 6 de MAGAP SIGTIERRAS (2015):

Tabla 6. *Tipos de relieves.*

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
	Valles fluviales y formas relacionadas con predominio de sedimentación	Valle fluvial, llanura de inundación
	Encajamientos e incisiones fluviales	Barranco
	Canales fluviales	Cauces y meandros

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
FLUVIAL		ocasionalmente funcionales
	Terrazas	Terraza media
	Conos de esparcimiento	Superficie de cono de esparcimiento disectado
	Conos de deyección	Superficie de cono de deyección disectado
	Otras formas	Badlands
FLUVIO- LACUSTRE	En valles-terrazas	Áreas endorreicas en llanuras aluviales y terrazas
	En otros ambientes	Depresión lagunar
LADERAS	Laderas rectilíneas	Vertiente rectilínea con salientes rocosos
	Laderas abruptas	Vertiente abrupta con fuerte disección
	Laderas heterogéneas y otras Morfologías	Vertiente heterogénea con fuerte disección
	Depósitos de ladera	Coluvión antiguo
	Piedemonte	Glacis de esparcimiento
GLACIAR Y PERIGLACIAR	Depósitos glaciares	Morrena de fondo
	Periglaciario	Afloramientos rocosos en ambiente periglaciario
	Antiguos edificios	Pitones o agujas volcánicas
VOLCÁNICO	Conos inactivos	Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciario
	Conos activos	Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y sin retoque glaciario
	Formas asociadas a conos	Rampas de piedemonte de cono volcánico
	Domos	Domo volcánico
	Relieves diversos	Relieve volcánico colinado alto
MARINO	Depósitos actuales	Playa marina
KÁRSTICO	-	Dolina, campo de dolinas
METEORIZACIÓN	-	Colinas en media naranja
EÓLICO	-	Campo de dunas
ESTRUCTURAL	Capas horizontales	Superficie de mesa o meseta
	Capas inclinadas	Frente de cuesta
	Capas subverticales	Barra o cresta estructural
	Capas plegadas	Superficies y planos estructurales originados en capas plegadas
	Superficies residuales	Restos de superficie estructural

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
	En materiales volcánicos	Niveles estructurales sobre lavas endurecidas
TECTÓNICO-EROSIVO	-	Relieve colinado bajo- medio –alto-muy alto- montañoso
	Coluvio aluvial	Coluvio-aluvial reciente
	Superficies de erosión y planicies Intermontanas	Planicie intermontana
POLIGÉNICAS	Superficies horizontales	Superficie horizontal disectada
	Superficies inclinadas	Abrupto de superficie inclinada
	Altas superficies	Superficie alta disectada
	Relieves residuales	Cerro testigo
	Aristas, divisorias e interfluvios	Interfluvio de cimas redondeadas
	Sustrato diverso	Macizo rocoso
OTRAS	-	Superficie intervenida

Nota: MAGAP SIGTIERRAS (2015)

Para el caso de la presente investigación se ha adaptado la clasificación establecida por MAGAP SIGTIERRAS (2015), en la siguiente tabla 7:

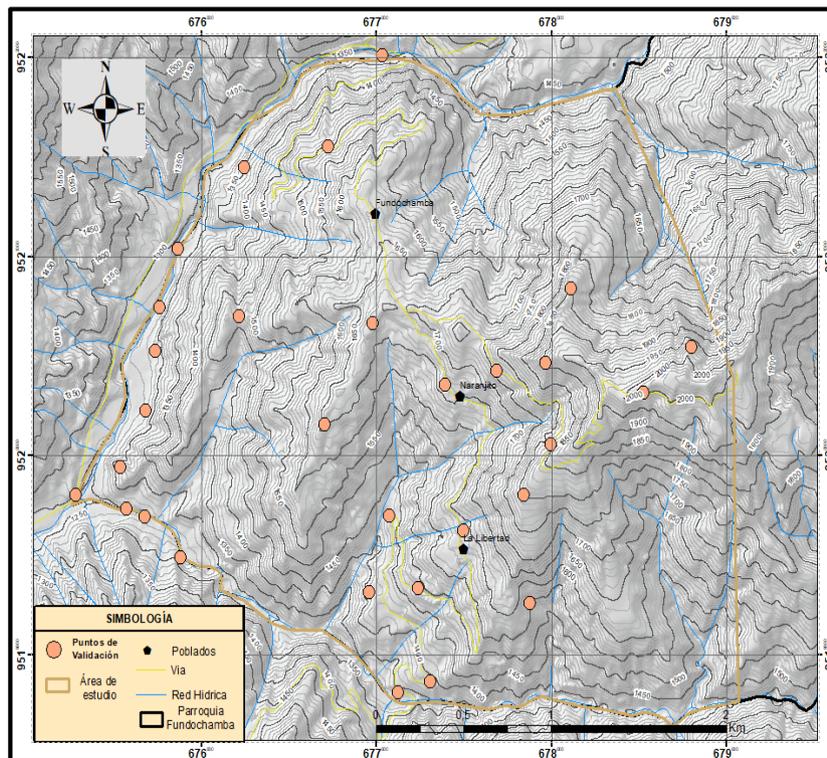
Tabla 7. Tipos de relieve adaptado por el autor

Grupos Genéticos	Mesorelieve
Fluvial	Terraza media
Tectónico Erosivo	Relieve colinado medio
	Relieve colinado alto
	Relieve colinado muy alto
	Relieve montañoso
Laderas	Deslizamientos

Nota: Adaptado por el autor del MAGAP SIGTIERRAS (2015)

Para la validación del mapa geomorfología se lo realizo con la toma de 30 puntos dentro del área de estudio, como muestra la figura 6, esto con sus respectivas coordenadas UTM WGS84 Zona 17S, esto como medio de corroboración de las unidades geomorfológicas cartografiadas.

Figura 6. *Puntos de Validación del mapa Geomorfológico*



Finalmente, obtenidas las respectivas unidades geomorfológicas, se organizó los datos en el software ArcGis 10.5, donde se ingresó la información generada en un mapa temático a escala 1:10.000.

➤ Mapa de Cobertura Vegetal

Para el desarrollo del mapa de cobertura vegetal se lo realizó mediante la “metodología para la elaboración de la cartografía cobertura y uso de la tierra” establecido por el Proyecto: Cartografía Temática de Ecuador, Escala 1:25.000, por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2014) – SIGTIERRAS, pero para el caso de la presente investigación se ha adaptado la metodología a escala 1:10.000, esto debido que a nivel nacional no hay metodologías para levantamientos de cobertura vegetal a escala 1:10.000.

De acuerdo con la metodología establecida por el MAGAP- SIGTIERRAS (2014) lleva a cabo algunos puntos importantes para la realización de la cobertura vegetal.

- **Reconocimiento de campo:** visitas de las distintas áreas de trabajo, con la finalidad de hacer un reconocimiento rápido de la zona y ver las principales coberturas.
- **Fotointerpretación:** Se parte de la información procedente de la cartografía 1:5.000, concretamente de viales e hidrografía. Con ayuda de la información auxiliar, ortofoto e

información procedente de los informantes clave, dibuja polígonos y asigna los atributos donde hay pocas dudas.

- **Trabajo de campo:** Es muy importante en esta temática y es realizada por técnicos diferentes de los fotointérpretes. Es necesario realizar también una formación en el que se explicará el formulario que se tiene que rellenar, por otro (fotos, identificación de la parcela, coberturas, etc.).
- **Trabajo postcampo:** Los técnicos fotointérpretes recogen del “repositorio” la información de campo y con ella completan las asignaciones y/o modifican gráficamente los recintos.

Para la fotointerpretación de la cobertura vegetal se emplearon algunos criterios según el MAGAP (2015):

- **Cultivos:** En esta cobertura se incluyen los cultivos anuales, semipermanentes, permanentes, cultivos en invernadero y bajo zarán, barbecho y terrenos agrícolas transitoriamente abandonados. Los atributos que se tienen que asignar a esta cobertura son los siguientes:
 - Con riego-sin riego (Áreas de cultivo donde se ha realizado un aporte artificial de agua)
 - Temporalidad del cultivo (ciclo corto, semipermanente, etc.) - Tipo1 (cultivo principal) se indica el cultivo, que puede ser único o puede tener otros cultivos o especies forestales en asociación, que se anotarán en otros campos. - Cultivo en rotación 1 y cultivo en rotación 2, se aplica en el caso de que en una zona predomine una clara rotación de cultivos año tras año (papa-haba-pasto cultivado), en este caso hay que indicar, además de la cobertura de cultivo, los dos cultivos que entran en rotación con él - Tamaño de parcela indica el tamaño medio de la parcela del polígono que se ha digitalizado.
- **Mosaico agropecuario:** Las coberturas utilizadas son “misceláneo de frutales”, “misceláneo de flores” y “misceláneo de hortalizas”, estas van a ser de gran utilidad para el fotointérprete en zonas donde dominen los predios con superficies pequeñas en la que se mezclan distintas especies de hortalizas. Los atributos que se utilizan para este tipo de cobertura son los mismos que los del caso anterior, salvo los cultivos asociados y porcentaje y los cultivos en rotación, que no tienen sentido para esta cobertura.
- **Pastizal:** Las coberturas que forman parte de esta superclase están constituidas por vegetación herbácea dominada por especies de gramíneas y leguminosas introducidas,

utilizadas con fines pecuarios que para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo. Cuenta los siguientes aspectos:

- Los pastos de corte son mayormente utilizados en climas fríos y templados.
- Los pastos cultivados en climas fríos y templados.
- Los pastos cultivados en climas cálidos pueden incluir especies como: brachiaria, gramalote, pasto elefante, saboya, pasto miel.

➤ **Bosque nativo:** Esta cobertura se puede definir como una comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados con uno o más estratos. Se agrupan en esta superclase todos los bosques naturales de muy diversa índole, como es el manglar, propio de zonas inundadas, el bosque húmedo tropical, el bosque seco de la costa o el moretal propio de la amazonía.

Se tiene que asignar a esta cobertura los atributos referentes al piso climático al que pertenece el bosque y el nivel de alteración. Este nivel se mide en función de: Accesibilidad, Infraestructura, Presiones externas. La existencia de cualquiera de éstas, bastará para considerar a la unidad de cobertura natural como alterada.

➤ **Vegetación herbácea:** Son unas áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales y son utilizadas con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.

Se tiene que asignar a esta cobertura los atributos referentes al piso climático al que pertenece la vegetación arbustiva y el nivel de alteración.

➤ **Plantación forestal:** Es una masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies. Se trata por tanto de plantaciones forestales, jóvenes o adultas con una finalidad que puede ser la explotación maderera o la protección. Las repoblaciones forestales se observan bastante bien en la ortofoto debido a la tonalidad de algunas especies. (MAGAP, 2015).

Para la observación de la cobertura vegetal se utilizó el Nivel II de la clasificación establecida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015), como muestra la tabla 8.

Tabla 8. *Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador.*

NIVEL I	NIVEL II	Definición
Bosque	Bosque Nativo	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles.

NIVEL I	NIVEL II	Definición
Tierras Agropecuaria	Plantación Forestal	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.
	Cultivo Anual	Aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.
	Cultivo Semipermanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años
	Cultivo Permanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante este periodo varias cosechas.
	Tierras en transición	
	Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines agropecuarios, que, para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.
Mosaico Agropecuario	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizados; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural.	
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel.
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.
	Páramo	Vegetación tropical alto andino caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.
Cuerpo de agua	Natural	Área que se encuentra cubierta o saturada de agua estática o en movimiento, natural o artificial que reposa sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.
	Artificial	
Zonas Antrópicas	Área Poblada Infraestructura	Asentamiento humano y la infraestructura que lo complementa.

NIVEL I	NIVEL II	Definición
Otras tierras	Glaciar Área sin cobertura vegetal	Áreas con poca o ninguna vegetación, afloramientos rocosos, glaciares y otras clases que no están incluidas en ninguna de las otras categorías.
Sin información	Sin información	Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.

Nota: MAGAP, (2015).

Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se usó el software ArcGis 10.5, se tomó nuevamente como base el mapa topográfico, luego se generó a partir de las Ortofotos a escala 1:5000 y de las imágenes satelitales Google Earth (2020), referido a la cobertura vegetal del área de estudio, a través de la fotointerpretación y digitalización, donde se procedió a trazar polígonos alrededor de las diferencias del relieve visibles, así como el tipo de vegetación existentes.

Para las parcelas se realizó la delimitación a partir de la interpretación del tipo y distribución de la cobertura vegetal que presenta el terreno, generando polígonos de acuerdo a las secciones delimitadas.

Para el caso de la presente investigación se ha adaptado la clasificación establecida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015), en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Tipos de cobertura vegetal adaptado por el autor

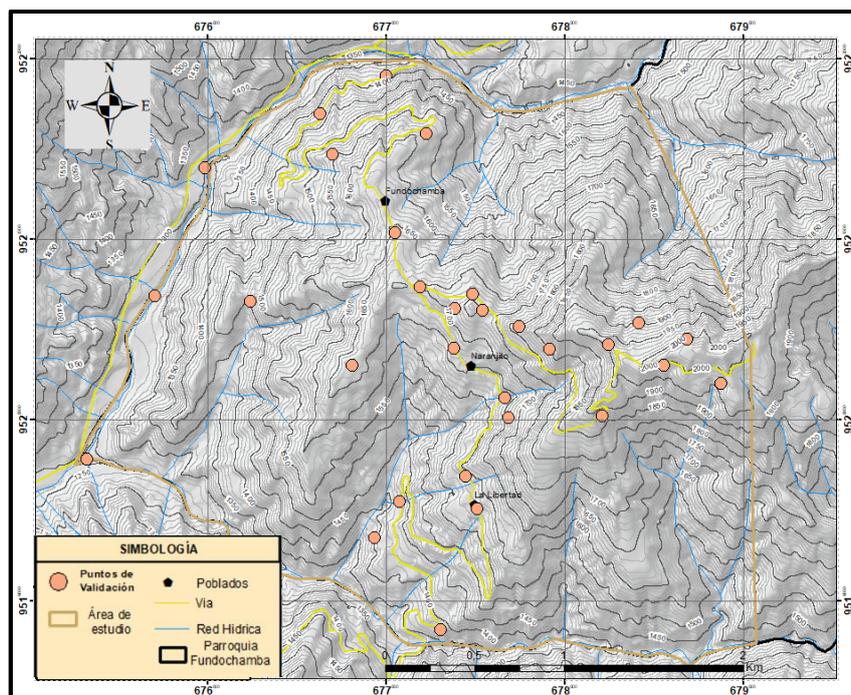
NIVEL II	Definición
Bosque Nativo	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles.
Plantación Forestal	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.
Cultivo	Aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.
Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines agropecuarios, que, para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.

NIVEL II	Definición
Mosaico Agropecuario	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizados; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural.
Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.
Cuerpos de agua	Área que se encuentra cubierta o saturada de agua estática o en movimiento, natural o artificial que reposa sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.
Área Poblada	Asentamiento humano
Infraestructura vial	Vías de acceso

Nota: Adaptado por el autor del MAGAP SIGTIERRAS (2015)

Para la validación del mapa de cobertura vegetal, se realizó mediante visitas al área de estudio, con la toma de 25 puntos de diversas coberturas, como muestra la figura 7, esto con sus respectivas coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S.

Figura 7. Puntos de Validación del mapa de Cobertura Vegetal



Finalmente, como resultado del procedimiento descrito, se obtuvo el mapa de cobertura vegetal a una escala de 1:10.000

➤ **Mapa de Isoyetas**

Para el mapa de Isoyetas en el área de estudio se lo realizó mediante la recopilación bibliográfica de los Anuarios Meteorológicos, correspondientes a un periodo de 30 años (1990-2013) de 8 estaciones meteorológicas más cercanas: M0241 Quilanga - M0433 Lucero - M0145 Quinara - M143 Malacatos - M144 Vilcabamba - M146 Cariamanga - M147 Yangana - M149 Gonzanamá.

A partir de los anuarios meteorológicos se empleó un valor promediado de las precipitaciones anuales para cada estación meteorológica. Dichos valores fueron representados en una hoja de cálculo (xls) mediante tablas en donde consto el nombre de la estación, y sus respectivas coordenadas geográfica (x, y, z) en Datum WGS 1984. Luego en el software ArcGIS 10.5 se realizó algunos pasos para la elaboración el mapa temático, que se los describirá a continuación:

- Primeramente, los datos obtenidos en la hoja de cálculo fueron exportados en el software ArcGIS 10.5 en formato “Shape”.
- Posteriormente se usó la herramienta *IDW* ubicado en *ArcToolbox/Spatial Analyst Tools/Interpolation/IDW*. Según Burrough y McDonnell (1998), en donde se ingresó el shape de puntos de las estaciones meteorológicas lo cual contiene los valores promedio de precipitación anual, y en *enviroments/processing extent*, se ubicó el polígono del área de estudio como límite de extensión.
- El raster se recortó respecto al área de estudio se utilizó la herramienta *Extract by Mask*, ubicado en: *ArcToolbox/Spatial Analyst Tools/Extraction/Extract by Mask*.
- Luego, se hizo la reclasificación según Burrough y McDonnell (1998), estableció que para la escala 1:10.000 el rango mínimo de precipitación media debe ser de 100mm/año, y así se reclasifico el raster en 3 clases.
- Finalmente, ya reclasificado el raster se lo convirtió a polígono, para así tener el mapa de Isoyetas con su respectivas áreas y porcentajes dentro del área de estudio.

5.3.2. Metodología para el segundo objetivo

“Desarrollar el inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio.”

Para el desarrollo del inventario deslizamientos, primeramente, se lo realizó mediante fotointerpretación a partir de las imágenes satelitales Google Earth (2020), considerando la metodología del libro “Fotogeología Práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa” propuesta por Narango (2015), esto con la finalidad de identificar y tener una idea de los deslizamientos ocurridos en el área de estudio.

Los criterios de fotointerpretación aplicados fueron: zonas con escarpe, las grietas a lo largo del cuerpo, escasas de vegetación, zonas de acumulación, desarrollo escalonado de la pendiente, espacios abiertos en la cobertura vegetal, áreas con drenaje superficial deficiente, encharcamientos y áreas de drenaje excesivo. Todas estas características se pueden reconocer sobre las fotografías por las diferencias en la tonalidad entre las zonas anómalas y las áreas circundantes.

Posteriormente, el inventario de los deslizamientos fotointerpretados, se desarrolló mediante las visitas de campo en el área de estudio, con los respectivos materiales de campo, lo cual se realizó la validación, caracterización y descripción litológica de los deslizamientos, así como la toma de datos generales, que se localizaron en los caminos las vías de primarias y secundarias, esto con la ayuda de las fichas de inventario de deslizamientos (*Ver Anexo 3*). Luego se procedió a digitalizar los datos levantados en campo al software ArcGis 10.5, para zonificar los deslizamientos representándolos mediante polígonos.

Finalmente, para realización del mapa de inventario de deslizamientos se tomó como base el mapa topográfico, en donde los deslizamientos fueron representados mediante polígonos con sus formas, dimensiones y con sus respectivas coordenadas geográficas, obtenidas en fotointerpretación y en campo.

5.3.3. Metodología para el tercer objetivo

“Elaborar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos, a escala 1: 10.000, de la zona Oeste de la Parroquia Fundochamba”

Para elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Fundochamba se lo realizó mediante el método multicriterio de Jerarquías Analíticas propuestas por Saaty (1980), el cual establece el peso ponderado de las variables y el procedimiento correspondiente.

El mapa de susceptibilidad se obtuvo como resultado de la unión de un conjunto de mapas temáticos de los factores condicionantes, y mediante el uso de un sistema de información geográfica ArcGis 10.5, permitió hacer un análisis cruzado entre todas las variables.

Las variables que determinan la susceptibilidad en el área de estudio son: geología, pendiente, cobertura vegetal, geomorfología e isoyetas. La metodología a utilizarse consistió en la ponderación de parámetros condicionantes para los deslizamientos, sobre la base de las unidades definidas anteriormente. A cada una de las variables según su papel determinante en la activación de un deslizamiento, conforme un análisis minucioso variable a variable, se les

asigna pesos (ponderación de las variables), por lo que fue necesario considerar el método de comparación propuesto por Saaty (1980). Para este proceso se debió establecer una matriz cuadrática, donde el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar, y definir la matriz de comparación entre pares de factores. La escala de medida establecida para la asignación de juicios de valor es continua, como se observa en las siguientes tablas 10 y 11.

Tabla 10. *Matriz de Saaty, variables por su orden de importancia y asignación de pesos por evaluación multicriterio.*

Factores ii/j	Matriz de comparación por pares				$\sum x_j$	$\frac{\sum x_j}{n}$	Peso relativo $\frac{\sum(\sum x_j/n) / \sum x_j/n}{n}$
	A	B	C	D			
A	1						
B		1					
C			1				
D				1			

Tabla 11. *Escala de Saaty para determinar el valor de X_{ij}*

Nivel de importancia	Definición	Descripción del criterio i, al compararse con j:
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i,j) contribuyen de igual manera al proceso de deslizamiento
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (i) sobre el otro (j)
3	Fuerte preferencia	Prácticamente la dominancia del criterio (i) sobre el otro (j) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía del criterio (i)

Posteriormente se procedió a determinar el eigenvector principal y el eigenvector normalizado, para ello en primera instancia fue necesario realizar una operación matemática (división) entre los valores asignados a cada par de variables (columna-fila) y el valor proveniente de la sumatorio total de dichos valores en su respectiva columna.

De manera que el eigenvector principal correspondió al sumatorio total de los valores generados en cada fila de variables obtenidas en este proceso. Por otro lado, el eigenvector normalizado es el resultado del cociente entre el valor de cada eigenvector principal y el número de variables. El eigenvector normalizado, proporciona una medida cuantitativa de la

consistencia de los juicios de valor entre pares de factores, que en definitiva corresponden a los valores que formaron parte del proceso matemático final.

Pesos para las variables del área de estudio

El siguiente procedimiento consistió en organizar las matrices en orden jerárquico descendiente, en función a la influencia de cada variable en la ocurrencia de deslizamientos. Es decir, se coloca en primer lugar las variables de mayor influencia y luego las de menor influencia en la susceptibilidad a deslizamientos. Mediante las visitas técnicas realizadas en el área de estudio, identificación y caracterización de las variables de estudio se estableció el siguiente orden jerárquico de las variables de estudio. Para dicha actividad se consideró la unidad de análisis de cada variable de estudio como se muestra a continuación:

1. Geomorfología → Unidad: Unidad Geomorfológica.
2. Pendientes → Unidad: Inclinación de pendientes.
3. Geología → Unidad: Litologías.
4. Cobertura vegetal → Unidad: Tipo de cobertura.
5. Isoyetas → Unidad: Precipitación media anual (mm/año).

En primer lugar, se consideró a la **geomorfología**, debido a que generalmente las unidades geomorfológicas cubren zonas muy extensas del relieve abracando diversos parámetros como geología y pendientes. Además, los deslizamientos, la inclinación y orientación de la ladera y otras características geométricas de la misma condicionan en gran medida la aparición de deslizamientos.

La segunda variable de mayor influencia fueron las **pendientes**, referido a la inclinación de pendientes, que presentan las laderas. Esta variable es de considerable importancia, puesto que los deslizamientos suelen desarrollarse en laderas con pendientes fuertes a pronunciadas, ya que estas facilitan la rotura de laderas, así como el movimiento gravitacional de los materiales afectados. En el área de estudio, existe una amplia variedad de pendientes desde 0 a 90°, teniendo las 4 clases establecidas por Demek en 1972. Sin embargo, es importante considerar que la interrelación entre pendiente y estabilidad no es simple y que las laderas más inclinadas pueden no ser siempre las más proclives a romperse o generar un deslizamiento, sino que podrían desencadenar otro tipo de movimientos como los caídos de rocas.

La tercera variable considerada fue la **geología**, debido a que algunas propiedades de la litología como su composición mineralógica, génesis, textura, dureza influyen en el

comportamiento físico o químico de las rocas y sedimentos, por tanto, condicionan en gran parte la cohesión, permeabilidad y la susceptibilidad a la meteorización física o química. Por ende, el grado de meteorización de los materiales litológicos influye de forma determinante en la ocurrencia de deslizamientos, así como su resistencia puesto que un material poco consistente puede ser fácilmente susceptible a este tipo de movimientos en masa.

En cuarto lugar, se consideró la variable de **cobertura vegetal**, ya que en algunos casos la vegetación ayuda a mejorar la resistencia del suelo, sin embargo, el efecto de la vegetación en la inestabilidad es complejo y depende del espesor del suelo, de su inclinación y del tipo de vegetación. Es importante tener presente que la eliminación de la vegetación altera las condiciones hidrológicas de las laderas e incrementa la erosión y la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.

Y como último y quinto lugar, se consideró las precipitaciones o **isoyetas**, teniendo en cuenta que si bien las precipitaciones cumplen un papel importante en la meteorización de los materiales geológicos son considerados como un factor desencadenante de los deslizamientos. Se consideró a las precipitaciones como la variable de menor peso debido a que en estudios de susceptibilidad no se analizan los agentes desencadenantes, sin embargo, se ha considerado para la presente investigación debido al grado de importancia que tienen las precipitaciones sobre los deslizamientos.

Además, Saaty ha permitido medir el grado de consistencia entre la relación de los valores de los factores. Utilizando las siguientes fórmulas para definir la razón de consistencia (RC), a partir del índice de consistencia (IC) y del índice de consistencia aleatorio (ICA):

$$IC = \frac{n \cdot \max_{i,j} |a_{ij} - a_{ji}|}{n - 1}$$

$$ICA = 1,98(n - 2) / n$$

$$RC = IC / ICA$$

Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

La susceptibilidad se realizó con la relación comprendida entre el ráster de la variable calculado y el eigenvector normalizado antes realizado: (Voogd, 1983)

$$Susceptibilidad = ([V1] * en) + ([V2] * en) + ([V3] * en) + ([V4] * en) + ([V5] * en)$$

Donde:

[V]= Variable Calculada

en= eigenvaector normalizado

Posterior a ello, se obtuvo el índice de susceptibilidad mediante la suma lineal ponderada (Voogd, 1983) de pesos factores y clases:

$$I = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}$$

Donde:

I el índice de susceptibilidad, w, el peso del factor j, y x, el peso de la clase i del factor j.

Finalmente se clasificaron los índices en unos pocos intervalos iguales de susceptibilidad, más estandarizados y de interpretación más intuitiva.

Las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos, se procesó a través del software ArcGis 10.5, donde se utilizó la herramienta “Raster Calculator” con el fin de dar la ponderación a las variables. En el siguiente cuadro indica el ráster de cada variable con su respectivo peso, en base a su importancia.

Tabla 12. Pesos de Variables

VARIABLES	PESO
Geomorfología	36
Pendientes	28
Geología	18
Cobertura Vegetal	11
Isoyetas	7
SUMATORIA	100%

Después de tener los valores mediante el Método de Jerarquías Analíticas, se procedió a superponer los mapas temáticos realizados anteriormente a escala 1:10.000.

En el mapa integrado se obtuvo las zonas con niveles de susceptibilidad a deslizamientos, los criterios o indicadores se muestran en la *Tabla 13*, las cuales se podrá verificar mediante el Inventario de deslizamientos (número de deslizamientos existentes en cada zona). Además, se realizó el cálculo de las dimensiones de cada una de estas zonas de susceptibilidad, para conocer el área y porcentaje que representan en el área de estudio.

Finalmente se obtuvo el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del área de estudio a escala 1:10.000.

Tabla 13. *Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos*

Orden	Susceptibilidad	Criterio
1	Muy baja o nula	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.
2	Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
3	Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
4	Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
5	Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

Nota: Adaptado de Sarkar & Kanungo (2004) citado en Suárez (2009).

6. Resultados

6.1. Resultados del primer objetivo

6.1.1. Topografía

La zona de estudio cuenta con 3 barrios: el barrio Fundochamba con una altura de 1650 msnm, el barrio Naranjito con una altura de 1665 msnm y el barrio La Libertad con una altura de 1590 msnm; la parte más baja del área de estudio tiene una altura de 1350 m.s.n.m., y la más alta de 2040 m.s.n.m. También se pudo identificar la red hídrica, al norte con la quebrada Ungananchi, al sur con quebrada Sural y al oeste con el río Elvira y la quebrada Quiroz; y así mismo cuenta con una red vial con una longitud de 17.11 km que recorre a lo largo del área de estudio. (Ver anexo 4)

6.1.2. Pendientes

Para las pendientes del área de estudio se empleó la clasificación propuesta por Demek, la cual define 5 rangos, pero para la presente investigación, la pendiente vertical ($>55^\circ$) que tiene un porcentaje de 0.14%, fue adicionado a la pendiente empinado, quedando definido el rango mayor $35^\circ - 89.99^\circ$. (Ver Tabla 14)

Tabla 14. Clasificación de Pendientes del Área de estudio.

Término de la pendiente	Rango ($^\circ$)	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
Ligeramente inclinado	0 – 5	0.10	1.10
Fuertemente inclinado	5 – 15	0.85	9.29
Muy inclinado	15 – 35	5.68	62.31
Empinado	35 – 89.99	2.49	27.30
Total		9.11 km²	100%

Dentro del área de estudio, la pendiente ligeramente inclinado con rango de 0° - 5° cuenta con el 0.10 Km² que equivale el 1.10 %, esta se encuentra en zonas sin asentamiento humanos; como segunda clasificación la pendiente fuertemente inclinado de rango 5° - 15° con un área de 0.85 km² que equivale el 9.29 %, en esta zona se ubica los barrios Fundochamba y La Libertad; como tercera clasificación la pendiente muy inclinado con rangos de 15° - 35° cuenta con un área de 5.68 Km² que equivale a un porcentaje de 62.31% del área, esta se sitúa en proporción en el barrio Naranjito; y como ultima clasificación la pendiente empinada de rango 35° - 89.99° que tiene 2.49 Km² que representa el 27.30 % del territorio, esta se ubica en zonas no pobladas. (Ver anexo 5)

6.1.3. Geología

Para la elaboración de la geología local en el área de estudio, se realizó la descripción en función de las rocas más antiguas hacia las más jóvenes: antiguas (Unidad Río Guayucu, Unidad Alao - Paute, Unidad Chigiüinda), jóvenes (Depósitos aluviales, Deposito coluvio – aluvial). (*Ver anexo 6*)

En área de estudio existen 3 formaciones con sus diferentes litologías: la formación Unidad Río Guayucu con rocas andesitas basálticas, la Unidad Alao – Paute con rocas de esquistos verdes y cuarcitas y la Unidad Chigiüinda con rocas esquistos pelítico, grafitosos y cuarcitas. (Hoja geológica Las aradas, 2017)

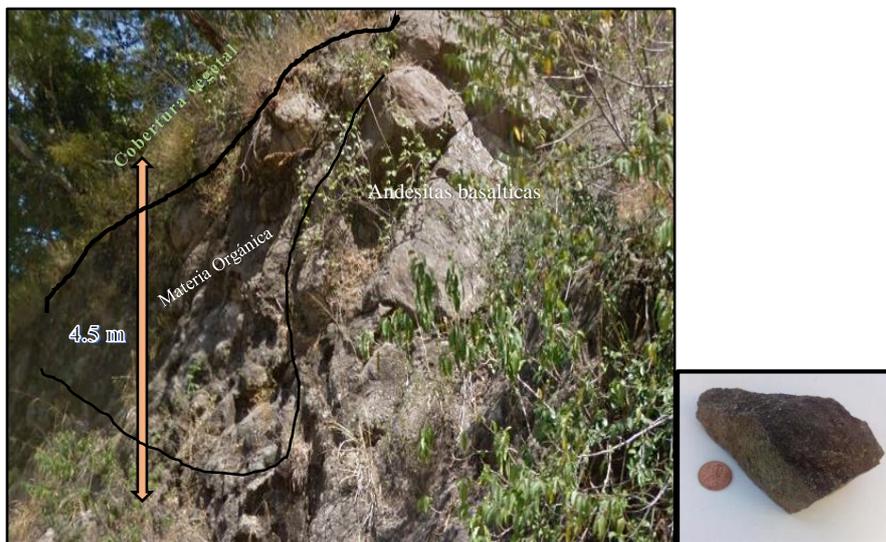
A continuación, se procederá con la descripción de la geología local con los afloramientos más representativos de la zona de estudio.

6.1.3.1. Unidad Río Guayucu.

Según Kennerley (1973) la unidad rio Guayucu está en la edad paleocenica que está relacionado con depositación de fluvio lacustre de un sistema volcánico activo que ronda de unos 2000m de potencia aproximadamente. Está comprendida por andesitas basálticas. La unidad Rio Guayucu está al este del contacto de falla con la unidad Alao-Paute a lo largo de la falla Las Aradas. Esta unidad se encuentra en la parte Sur - Este del área de estudio, en donde comprende una superficie de 0.68 km², equivalente al 7.44% del territorio.

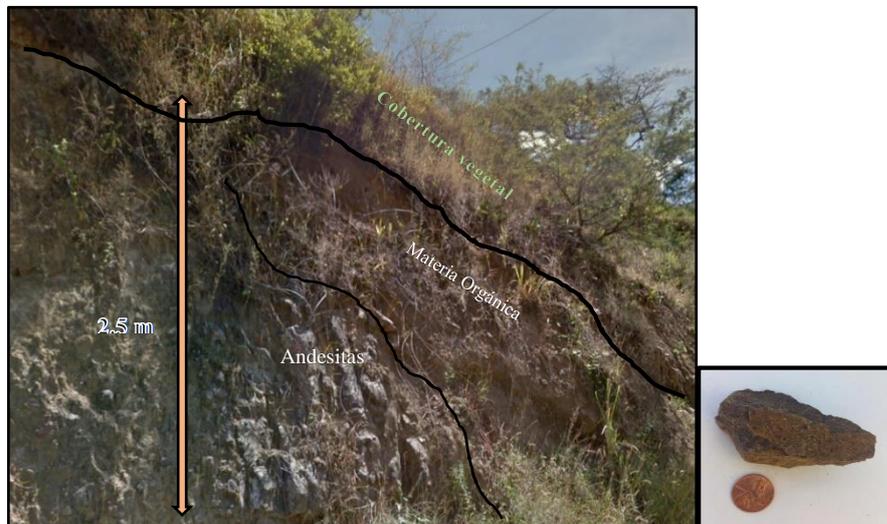
➤ Andesitas basálticas

Figura 8: Afloramiento (DA-21) – Andesitas basálticas



Este afloramiento de origen natural (*ver figura 8*) se encuentra en la parte Sur-Este del área de estudio, cerca de la quebrada Quiroz cuyas coordenadas UTM en X: 675818, Y: 9519819. La dimensión de este afloramiento tiene un ancho 6 metros y una altura de 4.5 metros, su origen es natural y se encuentra dentro del relieve medio, cuenta con una vegetación herbácea es la parte superior y a sus extremos. Su litológica está constituido de andesitas basálticas de coloración gris, de acuerdo al análisis de la muestra de mano (DA_21_M1) presenta una textura afanítica y porfirítica de tamaño de grano fino (<1mm), mineralógicamente se compone de biotita, feldespato, cuarzo y minerales secundarios como los plagioclasas y la clorita, también presenta un grado medio de meteorización cubierto por materia orgánica. Su resistencia de la roca es media debido que soporta un golpe de martillo geológico. El alto contenido de vegetación y suelo no se puede apreciar las discontinuidades.

Figura 9: Afloramiento (DA-22) – Andesitas basálticas



El presente afloramiento de origen natural (*ver figura 9*) se encuentra en la parte Oeste del área de estudio, cuyas coordenadas UTM en X: 675753, Y: 9520468. El afloramiento tiene un ancho de 4 metros y una altura de 2.5 metros, presenta una vegetación herbácea con una potencia de 40 cm de cobertura vegetal, está dentro del relieve medio.

Litologicamente está compuesto por rocas andesitas basálticas de coloración gris oscuro. En la muestra de mano (DA_22_M1) presenta una textura afanítica y porfirítica de cristales minerales menores a 1mm, tiene una composición química intermedia, es decir que tiene entre el 52 al 63% de sílice (SiO₂), además su presencia mineralógicamente se compone de plagioclasas, cuarzo y clorita principalmente, y minerales secundarios como la feldespatos alterados y biotita. Su resistencia de matriz rocosa media (golpe con el martillo geológico). Su discontinuidades tienen una baja persistencia (1 a 3m), espaciado cerrado (60 a 200mm), su

rugosidad es de tipo lisa con apertura moderadamente abierta (1 a 3mm), con una película muy delgada de relleno de arcillas. El afloramiento presenta gran cantidad de materia orgánica.

6.1.3.2. Unidad Alao – Paute.

Según Litherland et al. (1994) la unidad Alao – Paute está en los principales cinturones de rocas verdes del terreno Alao, su litología varía desde metavolcanicas hasta esquistos verdes, en donde las rocas se exhiben de esquistosidad. Sus esquistos verdes suponen de cuarzo, epidota, clorita, albita, y sus rocas pelíticas sometidas de muscovita, clorita. Esta unidad recorre de Norte a Sur del área de estudio, en contacto con la unidad Rio Guayucu al oeste y la unidad Chiguinda al este. Esta Unidad comprende una superficie de 4.81 km², equivalente al 52.92% del territorio.

➤ Esquistos verdes

Figura 10: Afloramiento (DA-01) – Esquistos verdes



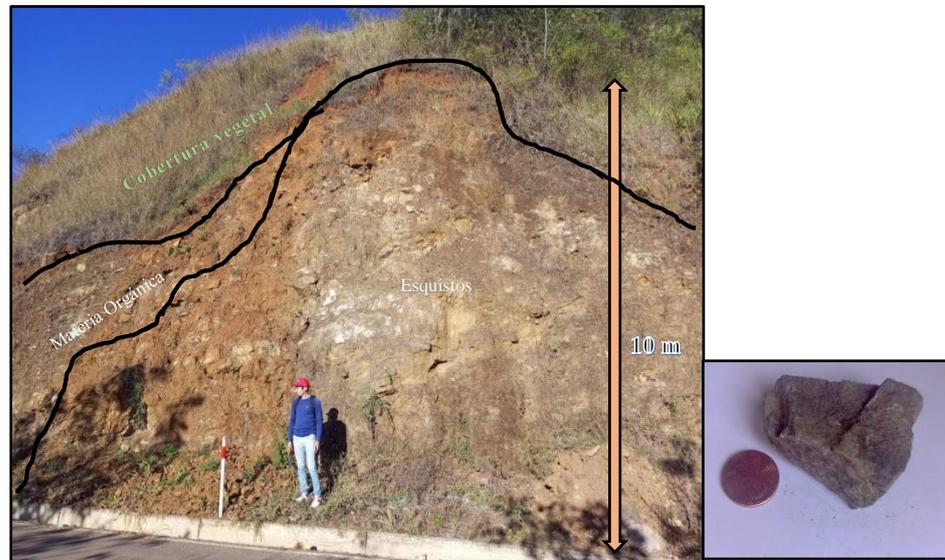
El presente afloramiento (*ver figura 10*) se encuentra al Norte del área de estudio con coordenadas UTM en X: 677107, Y: 9521954.

Este afloramiento tiene una longitud de 30 metros de ancho y una altura de 28 metros, es de origen artificial debido a la apertura de la vía, tiene un relieve alto, y una vegetación arbórea con un espesor en su cobertura vegetal de 0.30cm.

En su litología está compuesto por esquistos y de acuerdo con la muestra de mano (DA_01_M1) se establece en forma masiva de grano medio (1-5mm) de coloración gris verdosa debido a la alta meteorización, cuenta con una textura foliada representada por los minerales del grupo de las micas, contiene biotita, clorita, plagioclasa y cuarzo. Su resistencia rocosa es

media cuyas discontinuidades espaciadas de abertura cerrada, su talud no presenta agua. Con elementos de yacencia, con rumbo de S80°E. buzamiento de 45° y una dirección de buzamiento hacia el NE. El afloramiento se encuentra altamente meteorizada debido a las condiciones atmosféricas del lugar.

Figura 11: Afloramiento (DA-04)– Esquistos verdes



Este afloramiento (*ver figura 11*) se encuentra en la parte Norte del área de estudio se extiende a lo largo de la vía principal que conduce hacia el barrio Fundochamba, cuyas coordenadas UTM en X: 676793, Y: 9521587.

El talud tiene un ancho de 16 metros y una altura de 10 metros, es de origen artificial por la intervención antrópica de la abertura de la vía principal, está dentro del relieve colinado alto, con una vegetación herbácea y una cobertura vegetal de 0.6 cm. Está compuesto por suelo arcilloso con alto contenido de hierro. Al analizar muestra de mano (DA_04_M1) se determina esquistos de coloración gris verdoso de grano medio con una textura foliada debido a su esquistosidad con un alto grado de meteorización, contiene minerales como la clorita, epidota, actinolita. Su resistencia de matriz rocosa blanda, cuyas discontinuidades poseen muy baja persistencia (longitud $1 < m$) de espaciado cerrado, de una rugosidad ondulada de apertura cerrada con un espesor de relleno de carbonatos en láminas.

Figura 12. Afloramiento(DA-05) – Esquistos verdes

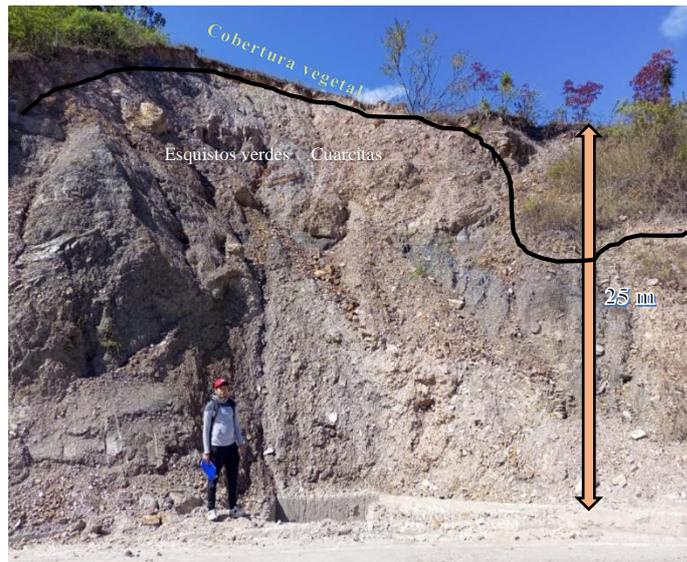


El presente afloramiento (*ver figura 12*) se encuentra localizado la zona central del área de estudio cerca del barrio Fundochamba, cuyas coordenadas UTM, X: 677235, Y: 9521631.

Las dimensiones de este talud son de ancho 12 metros y una altura de 7 metros, su origen es artificial debido de la abertura vial, se encuentra dentro del relieve alto, tiene vegetación herbácea con una cobertura vegetal de 50cm. Litológicamente se encuentra constituido por esquistos de coloración verdosa, de acuerdo a la muestra de mano (DA_05_M1) tiene una textura foliada por su esquistosidad, de grano medio donde predominan minerales clorita actinolita, zoisita y plagioclasa, está compuesto por suelo arcilloso de alto contenido de hierro. Su resistencia de matriz rocosa es dura, y sus discontinuidades persisten de una longitud baja ($1 < m$) de un espaciado moderado de rugosidad lisa con aperturas cerradas ($1 < mm$), sin ningún material de relleno, se puede distinguir la presencia de pequeños diaclasas. El talud presenta una meteorización moderada. Sus elementos de yacencia, con rumbo de $S72^{\circ}E$, buzamiento de 62° y una dirección de buzamiento hacia el NE.

➤ **Cuarcitas – Esquistos**

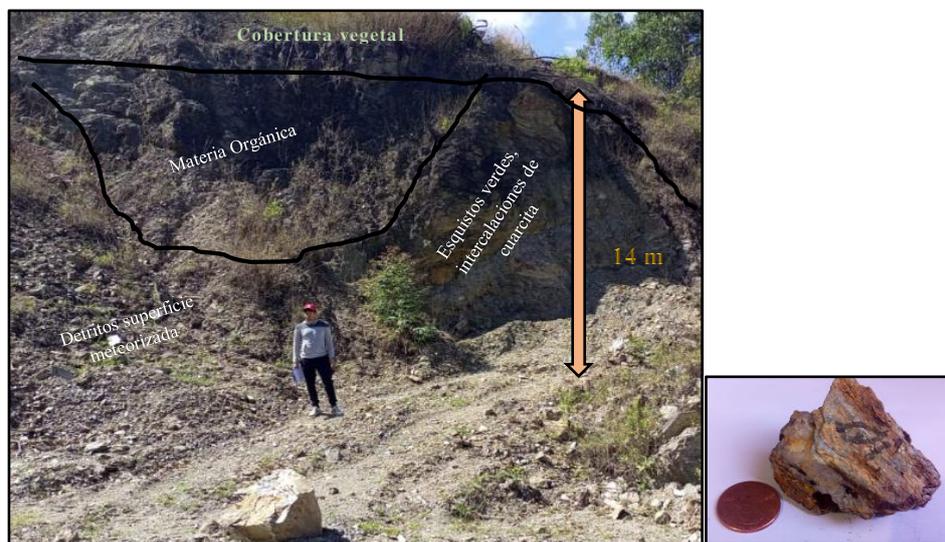
Figura 13. Afloramiento(DA-09) – Cuarzitas, Esquistos



El presente afloramiento (*ver figura 13*) se encuentra en la vía que conduce al barrio la Libertad de la parroquia Fundochamba, cuyas coordenadas UTM X: 677441, Y: 9519776.

El afloramiento tiene un ancho de 10 metros y una altura de 25 metros, tiene escasa vegetación herbácea, con una cobertura vegetal de 30cm. Litológicamente está compuesto por esquistos de grano medio con una de textura foliada de coloración verdosa causado por el alto contenido de minerales como clorita, epidota, actinolita y zoisita; también presenta pequeñas cantidades de cuarzitas con un tamaño de grano medio con una textura granoblástica. Su contiene una fracturación de bloques son muy pequeños, y una resistencia de roca blanda. Las rocas presentan instrucciones de cuarzita de 20cm. El talud presenta una meteorización moderada debido a la exposición directa a los agentes externos.

Figura 14. Afloramiento(DA-10) – Cuarzitas, Esquistos



El afloramiento (*ver figura 14*) se ubica en la parte Sur de la zona de estudio cerca del barrio la Libertad, con coordenadas UTM en X: 677575, Y: 9519095. Tiene una altura de 14 metros y un ancho de 18 metros.

El afloramiento se encuentra con exuberante vegetación de pastizales y con una cobertura vegetal que va de 20 a 40 cm, es de relieve alto. Su litología está compuesta esquistos- Al analizar la muestra mano(DA_10_M1) se determina una textura foliado de grano medio representada por minerales del grupo de las micas, su foliación se la conoce como su esquistosidad, también presenta un alto contenido de minerales verdes como clorita, epidota y zoisita. Entre sus fracturas presenta un espesor de 5 a 10 cm de intercalaciones de cuarcita, esta de textura granoblástica, con presencia de porosidad.

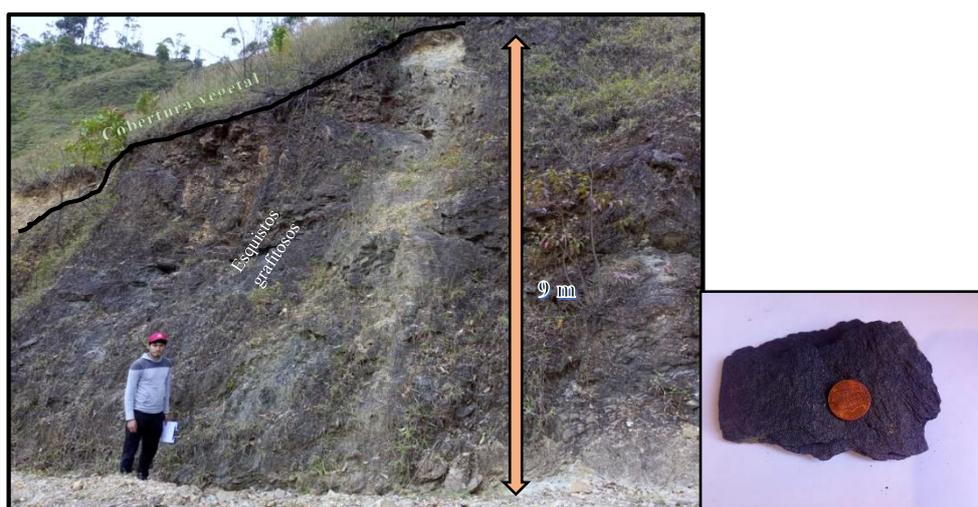
Cuenta con un fracturamiento de roca media (3 -10 juntas/m²) y una resistencia de roca media. Tiene una baja persistencia de discontinuidades, un espaciamiento muy cerrado y una rugosidad lisa. Sus aperturas de sus discontinuidades son muy abiertas que van de 10 a 30mm y su espesor de relleno espeso ya que esta rellena de cuarcitas. El talud presenta un grado de meteorización moderada. Los datos estructurales son: Rumbo N50°E y su buzamiento N80°E.

6.1.3.3. Unidad Chigüinda.

Según Litherland et al. (1994) la unidad Chigüinda domina el sur de la cordillera real, está comprendida por una secuencia semipelitica metamorfizada por cuarcitas, filitas y esquistos grafitosos, que anteriormente estaba asociada con el grupo Zamora. Esta unidad se encuentra en la parte Oeste del área de estudio. Esta Unidad comprende una superficie de 3.38 km², equivalente al 37.20% del territorio.

➤ Esquistos grafitoso

Figura 15. Afloramiento(DA-12) – Esquistos grafitoso



Se encuentra en la parte alta de barrio la Libertad a lo largo de la vía sin pavimentar, con coordenadas UTM X: 677988, Y: 9520040. El afloramiento (*ver figura 15*) tiene un ancho de 12 metros y una altura de 9 metros, presenta una vegetación herbácea con una potencia de 20 cm de cobertura vegetal, está dentro del relieve montañoso.

Esta constituido litológicamente de esquistos grafitosos de coloración gris oscuro, de acuerdo al análisis de la muestra de mano (DA_12_M1) su forma es masiva con una textura foliada de grano medio, contienen grafito entre 5% y 10% en forma de lentes alargados, líneas, capas o venas dentro del grupo de mica, clorita, cuarzo, feldespato, su origen se asocia al metamorfismo regional de alto grado. Su resistencia de roca es media y tiene un fracturamiento de bloque muy pequeños. Presenta discontinuidades de persistencia de longitud baja (1 a 3 m) con un espaciamiento cerrado (60 a 200mm), y una rugosidad de tipo ondulada de apertura abierta (3 a 10 mm), cuyas fracturas tienen pequeñas intercalaciones de cuarcita. El afloramiento se encuentra en un alto grado de meteorización debido a los agentes externos que afectan al talud. Sus datos estructurales son: rumbo S55°E, buzamiento N35°E.

Figura 16. Afloramiento(DA-13) – Esquistos grafitosos



Este afloramiento (*ver figura 16*) se encuentra en la parte Este del área de estudio a lo largo de la vía sin pavimentar, sus coordenadas UTM, X: 678246, Y: 9520184.

El afloramiento tiene un ancho de 18 metros y una altura de 6.5 metros, se encuentra con una vegetación herbácea de una potencia de 15 cm de cobertura vegetal, es de relieve montañoso. Está constituido por material arcilloso- limoso de color marrón con un alto contenido de hierro, y litológicamente por esquistos grafitosos de coloración gris oscuro de grano fino. Según la muestra de mano (DA_13_M1) tiene una textura foliada lo cual representa

esquistosidad esto debido al esfuerzo regional en los relieves montonosos, contienen mineral como el grafito, granate, cianita, anfíboles y epidota, característicos de la composición protolito o del grado metamórfico. No presenta discontinuidades por alto grado de meteorización al encontrarse en exposición directa a los agentes externos, impidió la toma de datos estructurales.

➤ **Cuarcitas - Esquisto pelítico**

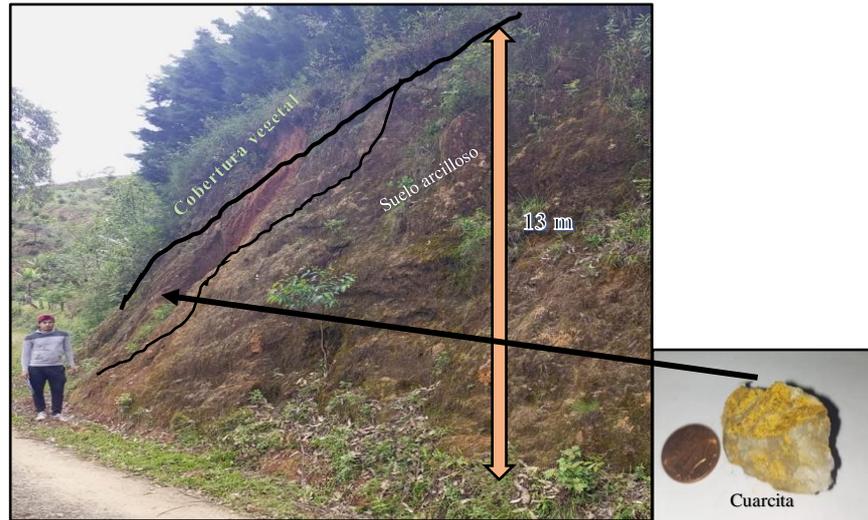
Figura 17. Afloramiento(DA-14) – Cuarcitas, Esquisto pelítico



El presente afloramiento (*ver figura 17*) se encuentra en la vía no pavimentada de la parte Este del área de estudio, cuyas coordenadas UTM, X: 678154, Y: 9519976.

Sus dimensiones son de 35 metros de ancho y 8 metros de alto, cuenta con una vegetación herbácea de una cobertura vegetal de 15 cm. Contiene material arcilloso en estado húmedo con alta presencia de hierro, está altamente meteorizados que dan una coloración roja a amarillenta, litológicamente presenta pequeñas cantidades de roca pelítico de coloración gris de grano medio a grueso y con foliación marcada denomina esquistosidad, así como también presenta cantidades de cuarcita de coloración blanco lechoso; en la muestra de mano (DA_14_M1) la roca presenta grano medio a fino de una textura granoblástica, está constituida esencialmente por cuarzo (más del 70 %) y algo de micas y/o feldespatos. No presenta datos estructurales debido que el material se encuentra muy meteorizado.

Figura 18. Afloramiento(DA-17) – Cuarzitas



El afloramiento (*ver figura 18*) está localizado en la vía no pavimentado de la parte Este de la zona de estudio, sus coordenadas UTM X: 678986, Y: 9520308

Las dimensiones del afloramiento cuentan con un ancho de 25 metros y una altura de 13 metros, su vegetación de tipo arbustiva y herbácea con una potencia de 70 cm de cobertura vegetal, su relieve es montañoso. Debido a su gran cantidad de suelo arcilloso y de materia orgánica, se pudo evidenciar que litológicamente está compuesto por pequeñas cantidades de cuarzita de coloración blanco lechoso, la muestra de mano (DA_17_M1) presenta una textura granoblástica con un tamaño de grano medio, contiene minerales como la clorita y el granate, y en su mayor cantidad en cuarzo; así mismo presenta pequeñas cantidades de esquistos grafitosos. No presenta discontinuidades por lo cual impide la toma de los datos estructurales. El talud tiene un grado de meteorización alto debido a las condiciones externas.

6.1.3.4. Depósitos aluviales.

Los depósitos aluviales se ubican en la parte Este, lugar más bajo del área de estudio en el río Elvira y la quebrada Quiroz.

Figura 19. Depósito aluvial(DA-24)

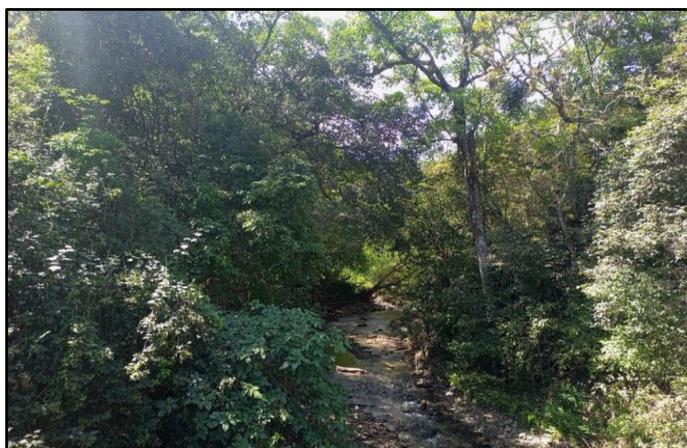


Este depósito aluvial (*ver figura 19*) se encuentra ubicado en el río Elvira que recorre en la zona Oeste del área de estudio, con coordenadas UTM en X:675560, Y:9520245. Está dispuesto en un relieve llano cubierta de una vegetación arbustiva y arbórea. Litológicamente está compuesta por cantos de roca, gravas, arenas finas a medias y limos.

6.1.3.5. Depósito coluvio - aluvial

Los depósitos coluvio-aluviales son producidos debido al transporte gravitacional de los materiales de las formaciones (Unidad Aloa-Paute - Unidad Chigüinda) esto por los relieves colinados altos que se encuentran en el área de estudio y también producto del transporte del material clásticos a lo largo de la quebrada Quiroz.

Figura 20. Depósitos coluvio – aluvial (DA-25)



El presente depósito coluvio – aluvial (*ver figura 20*) se ubica en la quebrada Quiroz que recorre toda la parte Sur del área de estudio, con coordenadas UTM X: 677040, Y: 9518814. La mayor parte del río Quiroz está cubierta por una vegetación arbustiva y arbórea, que dificulta

el acceso. Litológicamente este depósito está constituido por bloques sub angulares en matriz arcillosa, limos, arenas de grano fino a grueso.

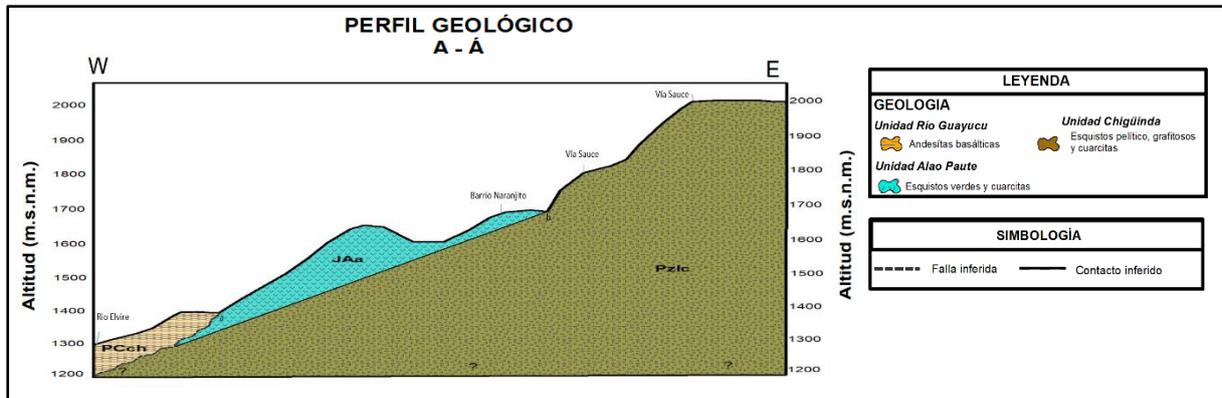
Dentro del área de estudio se obtuvo los siguientes valores de la geología (formación es y litologías), representada con su respectivo área y porcentaje. (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Valores de la geología local del área de estudio.

Formación/ Unidad	Litología	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
Unidad Río Guayucu	Andesitas basálticas	0.68	7.44
Unidad Alao Paute	Esquistos verdes y cuarcitas	4.81	52.92
Unidad Chigüinda	Esquistos pelítico, grafitosos y cuarcitas	3.38	37.20
Depósitos Aluviales	Gravas, arenas y limos	0.13	1.26
Depósitos Coluvio-Aluviales	Limos y arenas	0.11	1.17
Total		9.11Km²	100%

6.1.3.6. Perfil geológico.

Figura 21. Perfil geológico



El perfil geológico (A-Á), tiene una dirección W-E. Se evidencia por un rango superficial que va desde los 1300 a los 2000 m.s.n.m. Su litología está distribuida desde el W por un basamento de rocas ígneas, conformado por andesitas basálticas de la formación Guayucu de edad Paleoceno, que atraviesa una falla inferida de buzamiento hacia el S-W; seguido de la formación Aloa-Paute por esquistos verdes de edad Jurásica; finalmente en el este atraviesa la Unidad Chigüinda compuesta litológicamente por esquistos pelíticos, grafitosos de edad Devónico, con una altura de 2000 m.s.n.m.

6.1.3.7. Geología estructural.

➤ Fallas geológicas

Según las cartas geológica Gonzanama – Las Aradas a escala 1:100.000 (2017), dentro del área de estudio se encuentra constituido por dos fallas inferidas: la falla Naimoro y la falla Fundochamba que recorren a lo largo del área de estudio de N-S.

A lo largo del recorrido en los lugares más accesibles dentro del área de estudio, no se pudo evidenciar algunos posibles inicios de las fallas, pero mediante un análisis fotointerpretativo de las ortofotos de la zona de estudio (*ver figura 22*) (*ver tabla 16*) se localizó las fallas considerando los siguientes criterios: coloraciones, patrones de drenaje, disposición de cobertura vegetal, lineaciones estructurales y escarpes de fallas. Las posibles fallas fueron localizadas principalmente en los contactos litológicos y en las quebradas.

Figura 22. Análisis estructural de las fallas del área de estudio

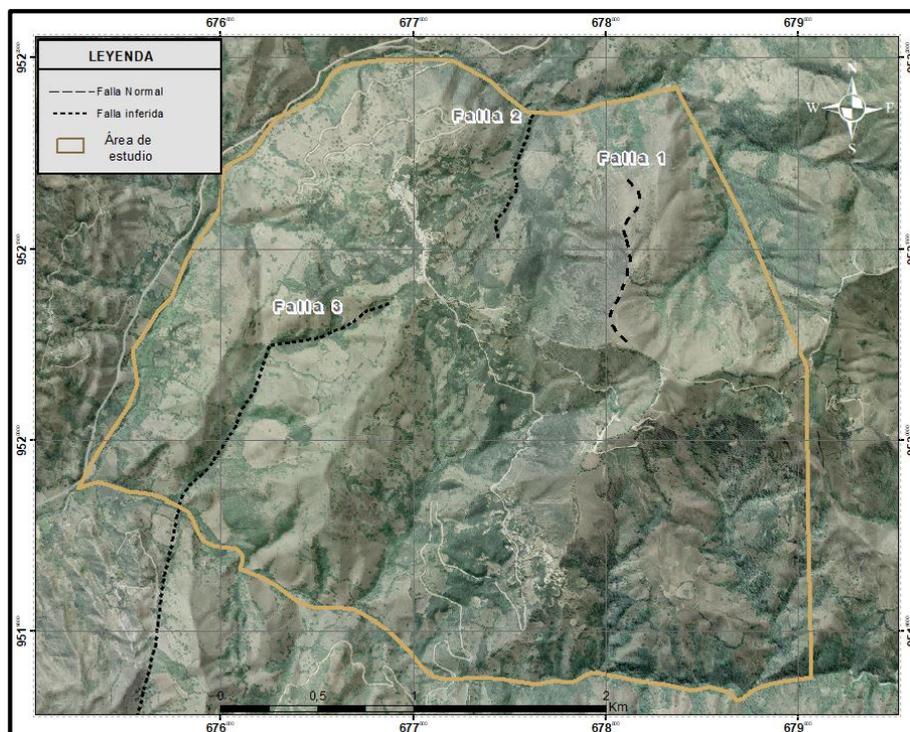
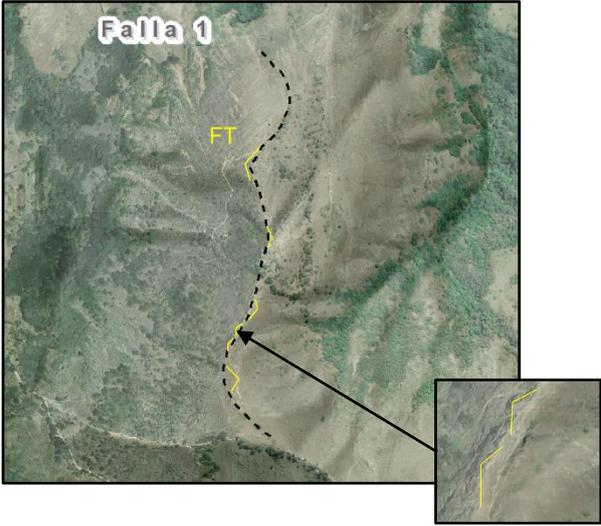
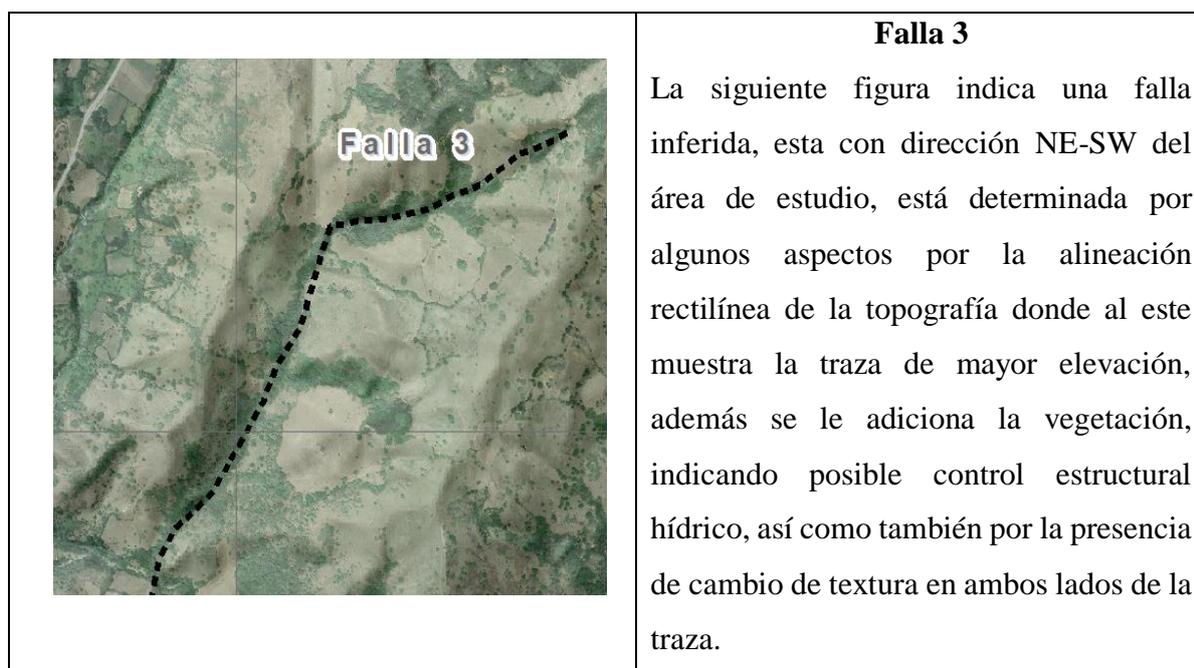


Tabla 16. Análisis estructural fotointerpretativo

	<p style="text-align: center;">Falla 1</p> <p>En la figura se aprecia la posible falla geológica lo cual está definida como una falla normal, esto basándose en algunos rasgos geológicos como son las presencias de pequeñas facetas triangulares (FT) así mismo por el relieve de la superficie de falla, siguiendo el alineamiento, la diferencia de tonalidad más oscuro en ambos lados, esta forma de sinuosidad según Narango (2015) es muy característica de una falla normal. Esta falla se está dirigiendo al SW de la zona de estudio.</p>
	<p style="text-align: center;">Falla 2</p> <p>En la presente figura se aprecia la posible falla 2, la cual la se la denomina una falla inferida, su interpretación está basada en la alineación y diferencia topográfica en sus ambos lados, además hay exposición del escarpe de falla de coloración más oscura con dirección de buzamiento hacia el oeste, y además por el control hídrico donde las aguas tienden a correr por áreas de menor resistencia. Esta falla se encuentra en sentido SW-NE de la zona de estudio</p>



➤ **Contacto**

En este punto que se ubica en la zona central del área de estudio, en la parte alta del barrio Naranjito, cuyas coordenadas UTM X: 677663, Y: 9520475. Se puede observar el punto de contacto de tipo concordante (*Ver figura 23*) entre las dos formaciones: la Unidad Aloa-Paute que está constituido litológicamente por esquistos grafitosos, y la Unidad Aloa-Paute compuesta litológicamente por esquistos verdosos con intercalaciones de cuarcitas. Esto se lo identifico debido a las características distintivas en su composición litológica como en la tonalidad de los materiales que son completamente diferentes en ambas formaciones. Sus datos estructurales son: rumbo N10°W, buzamiento S18°W.

Figura 23. *Contacto litológico ente la Unidad Aloa-Paute y la Unidad Chigüinda*



6.1.4. Geomorfología

Para el mapa geomorfología (*Ver anexo 7*) se lo realizo mediante la clasificación adaptada del catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador, incluyendo a los deslizamientos ya que forman parte de una geoforma que corresponde al grupo de las laderas.

Dentro del área de estudio se obtuvieron 3 grupos genéticos:

- **Fluvial:** Son depósitos ligados a los ríos y flujos de agua usualmente encauzados, pero también resulta formas debido a la erosión esto producto del agua.
- **Tectónico Erosivo:** Son formas sin rasgos representativos a las geoformas banales, lo cuales no son ligadas a ningún sustrato litológico, génesis tectónica y modeladas por la erosión con distintos grados de intensidad.
- **Laderas:** Formas y depósitos relacionados con la evolución y dinámica de las laderas o vertientes. MAGAP SIGTIERRAS (2015)

6.1.4.1. Geoformas.

- **Terraza media**

La terraza media (*Ver figura 24*) se lo encuentra en la parte oeste del área de estudio cerca del río Elvira y de la vía principal que se dirige hacia la parroquia las Aradas, posee suelo de texturas arenosas y limosas. Esta terraza tiene un desnivel de 2 m a 5m de altura y cuenta con una pendiente media que va desde 2% a 5%.

Figura 24. *Terraza media*



➤ **Relieve colinado medio**

El relieve colinado medio (*Ver figura 25*) se lo encuentra en la parte sur-oeste del área de estudio, lo cual este relieve tiene formas de cima redondeadas con vertientes convexas, tiene un desnivel que va de 25m a 100m de altura y con una pendiente media de 12% a 70%

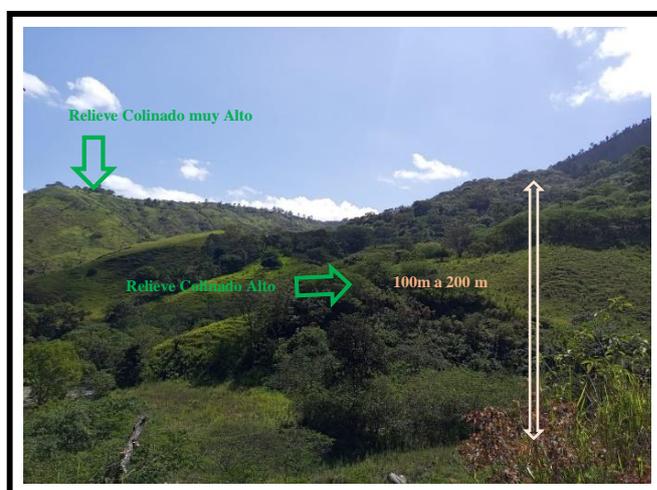
Figura 25. *Relieve colinado medio*



➤ **Relieve colinado alto**

El relieve colinado alto (*Ver figura 26*) se lo puede encuentra en la parte sur del área de estudio donde se encuentra asentada en el barrio la libertad, donde posee una forma topografía arrugada con un desnivel de 100 m a 200 m de altura, con una pendiente media que va desde 12% al 100%.

Figura 26. *Relieve colinado alto*



➤ **Relieve colinado muy alto**

El relieve colinado muy alto (*Ver figura 27*) posee una topografía de forma de cima redondeadas, cuenta con un desnivel de 200 m a 300 m de altura, y una pendiente media que va desde 12% al 100%.

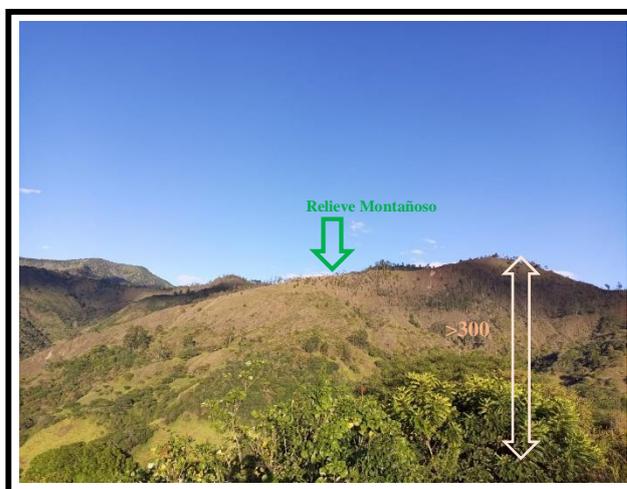
Figura 27. *Relieve colinado alto*



➤ **Relieve montañoso**

El relieve montañoso (*Ver figura 28*) está presente en la mayor parte del área de estudio, se lo ubica en la parte más alta (Este) en el cerro Toronchal, posee formas de cima redondeas. Su desnivel es de mayor a 300 m, con pendiente media desde 12% a 100%.

Figura 28. *Relieve montañoso*



➤ Deslizamientos

Los depósitos de deslizamiento (*Ver figura 29*) forman parte de la morfodinámica del área de estudio, dando lugar a las unidades geomorfológicas, esto debido a su proceso erosivo y denudativo del relieve.

Figura 29. Deslizamiento



El área de estudio se obtuvo las siguientes geoformas, representada con su respectivo área y porcentaje. (*Ver Tabla 17*)

Tabla 17. Unidades Geomorfológicas del Área de estudio.

Grupos Genéticos	Unidades Geomorfológicas	Desnivel relativo(m)	Pendiente media(%)	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
Fluvial	Terraza media	2 - 5	2% - 5%	0.17	1.86
	Relieve colinado medio	25 - 100	12% - 70%	0.60	6.62
Tectónico Erosivo	Relieve colinado alto	100 - 200	12% - 100%	1.51	16.51
	Relieve colinado muy alto	200 - 300	12% - 100%	2.97	32.83
	Relieve montañoso	>300	12% - 100%	3.83	42.16
Laderas	Deslizamientos	25 - 100	25% - 40%	0.03	0.02
Total				9.11 km²	100%

Dentro del área de estudio cuenta con terrazas medias con un área de 0.17 km² que equivale el 1.86%; relieve colinado medio con un área de 0.60 km² que representa el 6.62%; un relieve colinado alto de 1.51 km² de área que equivale 16.51%; relieve colinado muy alto de 2.97 km² de área y un 32.83% de porcentaje; los deslizamientos como la menor área con tan solo 0.03 km² que equivale el 0.02%, y un relieve montañoso lo cual posee la mayor área dentro del área de estudio con 3.83 km² que representa el 42.16%.

6.1.4.2. Datos de Validación.

Los datos de validación se los realizo en distintos puntos dentro del área de estudio. En la siguiente tabla 18 muestra los distintos puntos de validación, con un total de 30 puntos con sus respectivas coordenadas UTM WGS84 Zona 17S.

Tabla 18. Datos de validación en el área de estudio

Unidades Geomorfológicas	N° de puntos de validación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S		
		X	Y	Z
Terraza media	1	675865	9521039	1309
	2	675601	9520645	2302
	3	675279	9519800	1262
	4	675672	9519687	1280
	5	675881	9519485	1294
Relieve colinado medio	6	675938	9520903	1345
	7	675735	9520521	1304
	8	675677	9520222	1296
	9	675489	9519936	1291
	10	675568	9519731	1279
Relieve colinado alto	11	677158	9518721	1359
	12	677308	9518858	1391
	13	677072	9519693	1445
	14	677495	9519619	1597
	15	677875	9519255	1571
Relieve colinado muy alto	16	677034	9522008	1371
	17	676243	9521447	1354
	18	677014	9520689	1683
	19	677113	9519739	1457
	20	676957	9519308	1412
Relieve montañoso	21	677391	9520352	1663
	22	677688	9520421	1757
	23	677839	9519798	1798
	24	678293	9520362	1967
	25	678688	9520239	1983
Deslizamientos	26	678526	9520312	2006
	27	677994	9520053	1835
	28	677848	9520356	1781
	29	677099	9520776	1707
	30	676724	9521550	1492

6.1.5. Cobertura vegetal

Para la clasificación de la cobertura vegetal se utilizó el Nivel II, cuya clasificación fue adaptada del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015), lo cual dentro del área de estudio se obtuvieron 10 coberturas: Área poblada, infraestructura vial, bosque nativo, cuerpo de agua, cultivo, mosaico agropecuario, pastizal, plantación forestal y vegetación herbácea. (Ver anexo 8)

Mediante la visita de campo se pudo verificar la cobertura vegetal que se encuentran en el área de estudio. A continuación, se describirán los diferentes tipos de cobertura vegetal.

- **Cuerpos de agua:** este tipo de cobertura se encuentra en menor proporción con un área de 0.01 km^2 que equivale el 0.11%, está ubicado en la parte Oeste con el río Elvira y la parte Sur con la quebrada Quiroz. (Ver figura 30)

Figura 30. *Cuerpos de agua*



- **Área poblada:** cuenta un área de 0.03 km^2 que representa el 0.40% del territorio, donde abarca los tres barrios: el barrio Fundochamba ubicada en la parte Norte, el barrio Naranjito en parte central y el barrio La Libertad donde se encuentra en la parte sur del área de estudio. (Ver figura 31)
- **Infraestructura vial:** abarca tan solo el 0.01 km^2 de área que equivale 0.11% del territorio, su red vial recorre en la parte Norte, Sur y Este. (Ver figura 31)

Figura 31. *Área poblada- Infraestructura vial*



- **Mosaico agropecuario:** cuenta con 0.09 km² de área que corresponde el 16.51%, esta cobertura se ubica en mayor proporción en la parte Este del área de estudio. (Ver figura 32)

Figura 32. *Mosaico agropecuario*



- **Plantación Forestal:** tiene un área de 0.32 km² que representa el 3.54% del territorio, se trata de plantaciones forestales con una finalidad que puede ser la explotación maderera o la protección, está ubicada en la parte central del área de estudio. (Ver figura 33)

Figura 33. *Plantación Forestal*



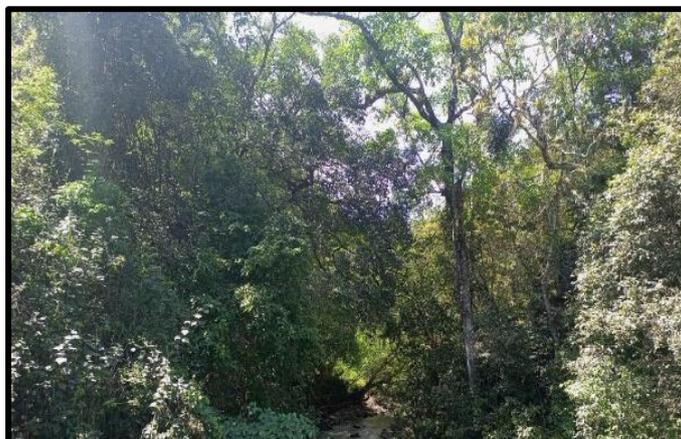
- **Pastizal:** se localiza en casi todo el territorio del área de estudio, pero con mayor proporción la zona Oeste. El pastizal cuenta con la mayor cantidad de área con un 3.75 km² que equivale 41.21%. (Ver figura 34)

Figura 34. *Pastizal*



- **Bosque nativo:** esta cobertura se caracteriza por la dominancia de árboles de diferentes especies, se encuentra ubicada en mayor parte en las quebradas, cuenta con un área de 0.89 km² que representa el 9.79% del territorio. (Ver figura 35)

Figura 35. *Bosque nativo*



- **Cultivos:** el área de estudio cuenta con una gran cantidad de cultivos (maíz, café, naranja, etc.) ya que son parte fundamental de la vida de los pobladores. Están localizados cerca de los barrios, su área total es de 0.95 km², es decir el 10.48% de todo el terreno. (Ver figura 36)

Figura 36. Cultivos



- **Vegetación herbácea:** abarca el 33.42 % que representa el 3.04 km² de área, se ubica en mayor presencia en la zona Este del área de estudio. (Ver figura 37)

Figura 37. Vegetación herbácea



En la siguiente tabla 19 se encuentra las distintas coberturas vegetales con su respectivas áreas y porcentajes dentro del área de estudio.

Tabla 19. Cobertura vegetal del área de estudio

Cobertura vegetal	Área (Km²)	Porcentaje (%)
Cuerpo de Agua	0.01	0.11
Área poblada	0.08	0.88
Mosaico Agropecuario	0.09	1.03
Plantación Forestal	0.32	3.54
Vegetación Herbácea	3.02	33.17
Bosque Nativo	0.89	9.79
Cultivo	0.85	9.38
Pastizal	3.75	41.20
Infraestructura vial	0.08	0.93
Total	9.11 Km²	100%

Las coberturas vegetales que presentan mayor porcentaje dentro del área de estudio son la vegetación herbácea y los pastizales, ya que esto es de gran ayuda para la estabilización del suelo y así evitar los deslizamientos que podrían afectar directamente a la parroquia.

6.1.5.1. Datos de Validación.

Los datos de validación se los realizo en distintos puntos dentro del área de estudio. En la siguiente tabla 20 muestra los distintos puntos de validación, con un total de 30 puntos con sus respectivas coordenadas UTM WGS84 Zona 17S.

Tabla 20. Datos de validación en el área de estudio

Cobertura vegetal	N° de puntos de validación	Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S		
		X	Y	Z
Cuerpo de Agua	1	675987	9521397	1317
	2	675703	9520683	1290
	3	675325	9519780	1260
Área poblada	4	677051	9521034	1652
	5	677386	9520615	1726
	6	677508	9519505	1584
Mosaico Agropecuario	7	677483	9520694	1732
	8	678278	9520468	1937
	9	678752	9520194	1968
Plantación Forestal	10	678207	9520021	1882
	11	677860	9520331	1806
	12	677614	9520043	1640
Bosque Nativo	16	676842	9520790	1641
	17	677099	9519675	1453
	18	677259	9518868	1384
Cultivo	19	677380	9520396	1671
	20	677444	9519685	1595
	21	677189	9520734	1693
Vegetación Herbácea	22	677743	9520514	1797
	23	678246	9520415	1941
	24	678682	9520447	2004
Pastizal	25	676591	9521485	1498
	26	677226	9521585	1579
	27	676778	9520762	1636
Infraestructura vial	28	677001	9521907	1397
	29	677662	9520121	1658
	30	678553	9520302	1991

6.1.6. Isoyetas

El mapa de isoyetas se lo realizo debido a que las condiciones climáticas tanto como la variación de temperatura y la precipitación afectan en el territorio, y al ser las isoyetas parte del clima influyen de forma directa en el estado de meteorización de los materiales del área de estudio.

El mapa temático se realizó mediante los valores de los Anuarios Meteorológicos de 8 estaciones cercanas en el área de estudio, correspondientes a un periodo de 30 años (del 1990 al 2020), cuyos valores faltantes de los últimos 10 años se lo realizó mediante la interpolación de datos. La 8 estaciones serian: M0241 Quilanga - M0433 Lucero - M0145 Quinara - M143 Malacatos - M144 Vilcabamba - M146 Cariamanga - M147 Yangana - M149 Gonzanamá.

De acuerdo con la precipitación media (1000 mm/año) obtenida de los datos del INAMHI (2015), se clasifico la precipitación del área de estudio, dando así 3 clasificaciones: precipitación media, precipitación alta y precipitación muy alta. (Ver Anexo 9)

En la siguiente tabla 21 se encuentra las clasificaciones de acuerdo a su rango y con sus respectivas áreas y porcentajes.

Tabla 21. Clasificación de Isoyetas del área de estudio

Clasificación	Rango	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
Precipitación muy alta	1229.1 - 1329	3.31	36.43
Precipitación alta	1129.1 – 1229.1	4.03	44.19
Precipitación media	1029.1 - 1129.1	1.77	19.38
Total		9.11 Km²	100%

6.2. Resultados del segundo objetivo

6.2.1. Inventario de deslizamientos

Para el inventario de deslizamientos se identificaron un total de 24 movimientos en masa en el área de estudio, que sirvió como ayuda para la descripción litológica y como una geoforma para el desarrollo del mapa geomorfológico y para su posterior análisis de valoración por el método de Satty. Además, el inventario sirvió como insumo para el mapa geomorfológico, ya que los deslizamientos son una geoforma, así como para poder correlacionar los resultados del mapa de susceptibilidad a deslizamientos y así verificar en que zonas son más propensos los deslizamientos.

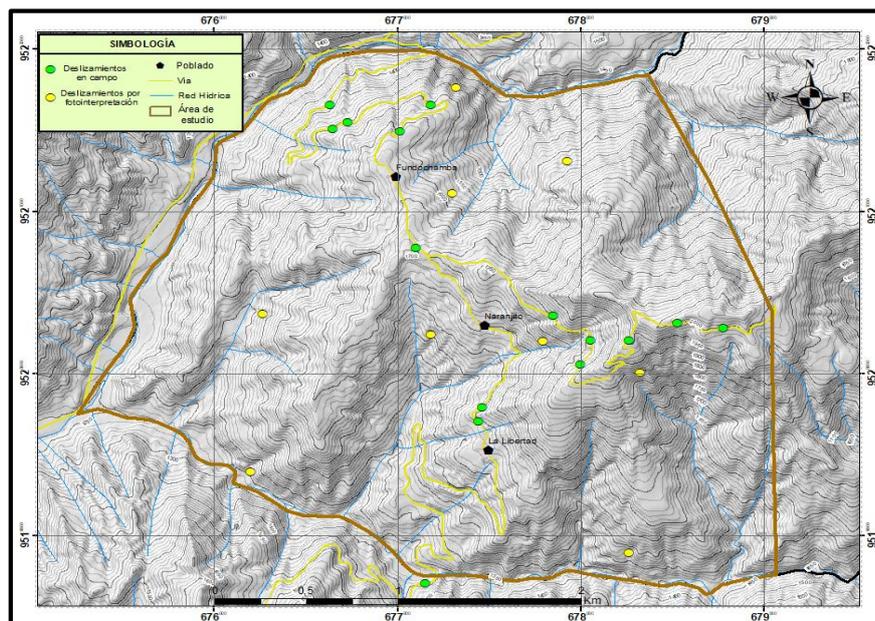
Los 24 deslizamientos encontrados en el área de estudio, fueron 15 en campo y 9 por medio de fotointerpretación. En siguiente tabla 22 y la figura 38 se encuentra la ubicación de los movimientos en masa.

Tabla 22. Puntos de los deslizamientos en campo y fotointerpretación del área de estudio

Deslizamiento N°	X	Y	Z	Área (m ²)
1	676627	9521655	1445,7	310,5

Deslizamientos en campo	2	676644	9521509	1484,4	123,3
	3	676724	9521550	1492,5	140,0
	4	677182	9521653	1562,4	153,1
	5	677014	9521494	1599	165,7
	6	677099	9520776	1707,4	120,0
	7	677458	9519790	1611,1	108,4
	8	677440	9519705	1614	47,2
	9	677151	9518706	1360,7	60,2
	10	677848	9520356	1781,5	152,7
	11	678051	9520205	1828	91,2
	12	677994	9520053	1835	75,6
	13	678259	9520202	1958	114,2
	14	678526	9520312	2006,7	47,0
	15	678775	9520278	2013,7	88,3
	Deslizamientos por fotointerpretación	16	677794	9520196	1725
17		678323	9520006	1847	5725,7
18		677319	9521764	1490	6558,9
19		677297	9521109	1588	749,5
20		677181	9520236	1571	710,6
21		676195	9519392	1324	8620,8
22		676265	9520366	1444	5455,4
23		678259	9518893	1482	3132,7
24		677922	9521307	1628	1124,2

Figura 38. Puntos de los Deslizamientos en campo y fotointerpretación



En la mayoría de los deslizamientos los factores que pueden influir dentro de los deslizamientos se encuentran por materiales meteorizados, las cargas dinámicas de la vibración de los automotores de la vía, las condiciones climáticas y la pendiente.

A continuación, de los 15 movimientos en masa encontrados en campo como muestra en las fichas del *Anexo 3*, se describen los 7 deslizamientos más representativos dentro del área de estudio:

Figura 39. Deslizamiento (DD-01)



El deslizamiento (*Ver figura 39*) se encuentra al inicio de la entrada de la parroquia Fundochamba, sus coordenadas UTM X: 676627, Y: 9521655. Sus dimensiones son de 23 metros de longitud un ancho de 20 metros y una altura de 19 metros. El deslizamiento presenta un estado latente con un estilo único al tener un solo tipo de movimiento, de una distribución ensanchado por lo que se está extendiendo hacia los flancos. Presenta un tipo de movimiento traslacional al ser visible la superficie de falla. Litológicamente se encuentra por esquistos y cuarcita con suelo arcilloso en estado húmedo. El material presenta un 30% en roca y 70% en suelo en forma de bloques.

La dirección de movimiento del deslizamiento se encuentra la norte con una pendiente de 75° , su deformación de terreno se encuentra ondulado de severidad media. El deslizamiento presenta un desplazamiento de vegetación herbáceo.

Figura 40. Deslizamiento (DD-02)

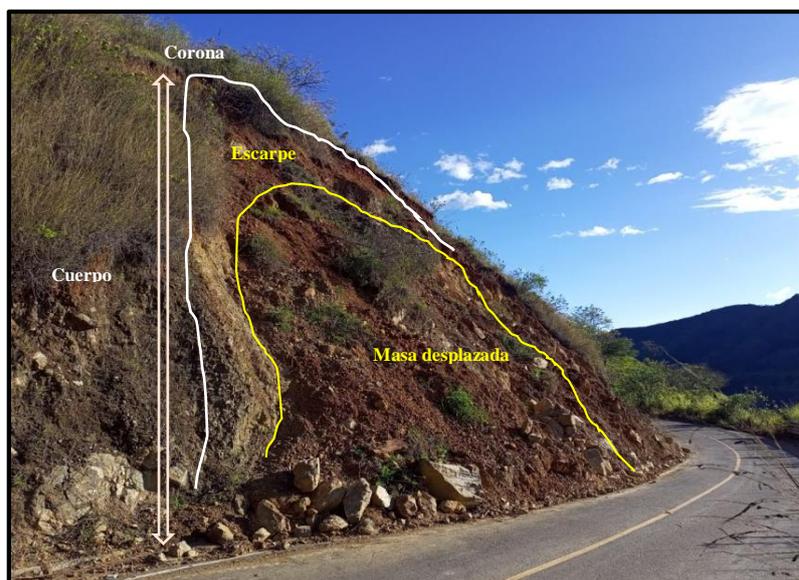


El deslizamiento (Ver figura 40) se encuentra a lo largo de la vía principal de la parroquia Fundochamba, cuyas coordenadas UTM X: 676644, Y: 9521509, Cuenta con un ancho de 26 metros, altura de 17 metros y una longitud 22 metros.

El deslizamiento se encuentra en estado activo ya que está en movimiento actualmente, el estilo es único al presentar un tipo de movimiento, cuenta con una distribución ensanchada ya que se está expandiendo por los flancos. El deslizamiento al ser visible la superficie de falla se considera un movimiento tipo traslacional. Su material desplazado es de tipo suelo arcilloso, arenas y limos en estado ligeramente húmedo.

La dirección del movimiento del deslizamiento se encuentra al N-W, con una pendiente de 65° , con una deformación de terreno ondulado y una severidad media. Su material desplazado afecta a la vía principal para el acceso a la parroquia Fundochamba.

Figura 41. Deslizamiento (DD-06)

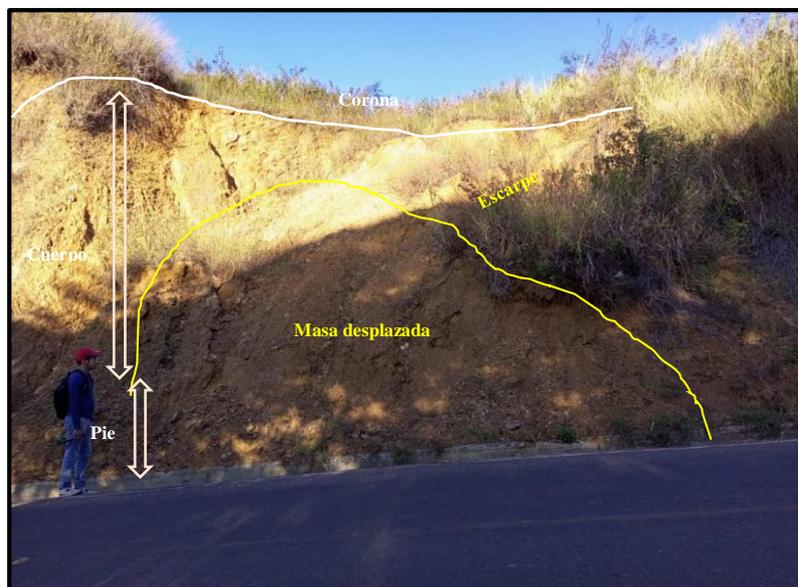


El presente deslizamiento (*Ver figura 41*) se ubica en la vía principal de la parroquia Fundochamba, cuyas coordenadas UTM X: 676724, Y: 9521550. Sus dimensiones son de 22.5 metros de ancho 19 metros de alto y su longitud de 23 metros.

El deslizamiento se encuentra en estado activo ya que está en movimiento actualmente, cuenta con un estilo único (uno solo tipo de movimiento) y una secuencia de repetición o distribución ensanchada. Su tipo de movimiento es traslacional con una dirección de movimiento hacia el Norte con una pendiente de ladera de 60° , su material cuenta de 40% de roca (esquistos) y 60% de suelo (bloques, arena, limos).

Su tipo de deformación es de modo ondulado de severidad media. Su desplazamiento serie cobertura de tipo herbáceo que afecta directamente a la vía principal para el acceso a la parroquia.

Figura 42. Deslizamiento (DD-09)



Este deslizamiento (*Ver figura 42*) está ubicado en la parte Norte del área de estudio, cerca del barrio Fundochamba, sus coordenadas UTM X: 677014, Y:9521494. Sus dimensiones son de 9 metros de longitud, una altitud de 7 metros y un ancho de 16 metros.

El deslizamiento se encuentra en estado latente debido a que está presente, pero que no está activa; su estilo único al pre-sentar un tipo de movimiento; su distribución es de tipo ensanchada. El tipo de movimiento es rotacional con material arcilloso con humedad en estado seco. Su dirección de movimiento es hacia Oeste con una pendiente de ladera de 55° .

El daño en la vía es ligeramente leve ya que el material deslizado se queda en el bordillo. Su desplazamiento de cobertura y uso de suelo sería de tipo herbáceo.

Figura 43. Deslizamiento (DD-10)



El deslizamiento (*Ver figura 43*) se encuentra en la parte Sur del área de estudio, llegando al barrio la libertad, cuyas coordenadas UTM X: 677458, Y: 9519790. La orientación del movimiento en masa es hacia NW con una pendiente de ladera de 70°.

Su dimensión del deslizamiento es de una longitud de 30 metros, una altura de 20 metros y un ancho de 17 metros.

El deslizamiento se encuentra en estado latente ya que está controlado para dar acceso al paso hacia el barrio la Libertad, cuenta con estilo unido al presentar un solo tipo de movimiento, su distribución en estado progresivo. Litológicamente el deslizamiento cuenta con suelo detritos de bloques de esquistos con un 30% de roca, 60% detritos y un 10% en suelo, su humedad está en estado seco, con deformaciones de terreno en severidad media. El desplazamiento de masa es de cobertura herbácea.

Figura 44. Deslizamiento (DD-12)

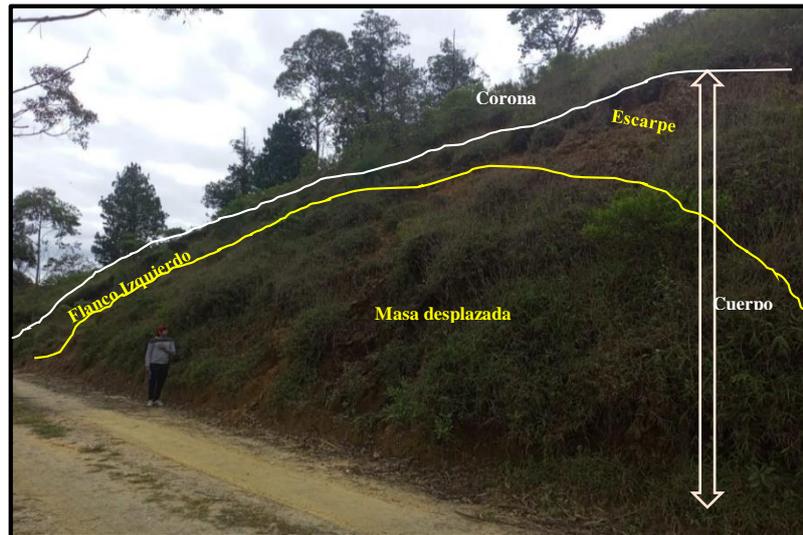


Este deslizamiento (*Ver figura 44*) se lo ubica en la parte Este del área de estudio en donde la vía no se encuentra pavimentada, sus coordenadas UTM son: X: 678051, Y: 9520205

El deslizamiento cuenta con una longitud de 81 metros, una altura de 55 metros y ancho de 40 metros, este deslizamiento es el más grande encontrado en el área de estudio. Actualmente se encuentra en estado activo ya que se encuentra desplazándose, el estilo es unido (un solo tipo de movimiento), y su distribución es progresiva y ensanchada ya que siempre se desliza y obstaculiza el paso. El tipo de movimiento es traslacional y de caída por lo que se encuentra visible la superficie de falla.

El material desplazado es de roca (esquistos grafitos) en su mayoría de detritos y suelos (bloques cantos, graba, arena) en estado húmedo. Su dirección de movimiento es hacia Oeste con una pendiente de 80° , cuenta con una deformación de severidad pronunciada debido a que ese encuentra en un relieve montañoso. Su cobertura y uso de suelo es de vegetación herbácea.

Figura 45. Deslizamiento (DD-15)



El presente deslizamiento (*Ver figura 45*) cuyas coordenadas UTM X: 678526, Y: 9520312, se encuentra en la parte Este del área de estudio, cuenta con una longitud de 27 metros, una altura de 22 metros y un ancho de 50 metros. Su dirección de movimiento es hacia el Sur con una pendiente de ladera de 65° .

El deslizamiento actualmente se encuentra en estado latente con un estilo único al tener un solo tipo de movimiento, su distribución en estado ensanchado, debido que se está extendiéndose. Presenta un tipo de movimiento rotacional ya que la vegetación en el deslizamiento se encuentra revuelta por los escombros, con una humedad en estado seco. Su cobertura es de vegetación herbácea mientras su uso de suelo de vía y cultivos. El daño que presenta el deslizamiento es moderado ya que se encuentra en la vía.

6.3. Resultados del tercer objetivo

En el presente proyecto se aplicó el Proceso Jerárquico Analítico (AHP) propuesto por Tomas Saaty (1980) el cual propone la asignación de pesos a las variables de estudio, en este caso, los factores condicionantes a los deslizamientos: geología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal e isoyetas, por su influencia en la meteorización de los materiales litológicos. Dicha actividad se llevó a cabo mediante matrices debidamente jerarquizadas, en las cuales se realizó la valoración de las variables basado en su importancia para la susceptibilidad a deslizamientos. Este proceso fue aplicado a todas las variables de estudio entre sí y posteriormente de forma individual a cada variable con sus respectivas clases obtenidas en los mapas temáticos elaborados a escala de trabajo 1:10.000.

6.3.1. Ponderación de las variables de estudio

Dentro de este análisis, se presentan las tablas de la normalización de cada mapa generado para obtener el peso de cada variable. A continuación, se indica la valoración de las variables geomorfología, pendientes, geología, cobertura vegetal e isoyetas. (Ver tabla 23)

Tabla 23. Normalización, peso y ponderación de las variables del área de estudio

		1	2	3	4	5
VARIABLES		Geomorfología	Pendientes	Geología	Cobertura vegetal	Isoyetas
1	Geomorfología	1	2	2	3	4
2	Pendientes	1/3	1	2	3	4
3	Geología	1/3	1/2	1	2	3
4	Cobertura vegetal	1/2	1/2	1/2	1	2
5	Isoyetas	1/4	1/3	1/2	1/2	1
SUMATORIA		2,42	5,33	7,00	7,50	12,00

NORMALIZACIÓN					PESOS	N Max	PONDERACIÓN (%)
1	2	3	4	5			
0,39	0,49	0,34	0,32	0,29	0,36	0,941	36
0,19	0,24	0,34	0,32	0,29	0,28	1,129	28
0,19	0,12	0,17	0,21	0,21	0,18	1,064	18
0,13	0,08	0,09	0,11	0,14	0,11	1,035	11
0,10	0,06	0,06	0,05	0,07	0,07	0,950	7
SUMATORIA					1,00	5,12	100%

➤ Índice de Consistencia (IC)

$$IC = \frac{n_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{5.12 - 5}{5 - 1} = 0.029$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(5 - 2)}{5} = 1.188$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.029}{1.188}$$

$$RC = 0.02 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.2. Ponderación individual de las variables de estudio

Dentro de este análisis, se presentan las matrices de valoración de cada variable y sus respectivas clases obtenidas en la elaboración de los mapas temáticos del área de estudio. En las siguientes tablas del 24 al 28, se muestran el orden jerárquico mencionado anteriormente.

6.3.2.1. Ponderación de la variable Geomorfología.

Tabla 24. Normalización, peso y ponderación de la variable Geomorfología

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA		Deslizamientos	Relieve montañoso	Relieve colinado muy alto	Relieve colinado alto	Relieve colinado medio	terrazza media
1	Deslizamientos	1	2	3	3	4	4
2	Relieve montañoso	1/3	1	2	3	4	4
3	Relieve colinado muy alto	1/3	1/2	1	2	3	4
4	Relieve colinado alto	1/3	1/3	1/4	1	2	3
5	Relieve colinado medio	1/4	1/4	1/4	1/3	1	3
6	terrazza media	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1
SUMATORIA		2,50	5,33	6,75	11,67	16,50	18,00

NORMALIZACIÓN						PESOS	N Max	PONDERACIÓN (%)
1	2	3	4	5	6			
0,38	0,46	0,42	0,31	0,28	0,21	0,34	0,887	34
0,19	0,23	0,28	0,31	0,28	0,21	0,25	1,190	25
0,13	0,12	0,14	0,20	0,21	0,21	0,17	1,331	17
0,13	0,08	0,07	0,10	0,14	0,16	0,11	1,297	11
0,09	0,06	0,05	0,05	0,07	0,16	0,08	1,057	8
0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,895	5
SUMATORIA						1,0	6,359	100%

➤ **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{6.359 - 6}{6 - 1} = 0.071$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(6 - 2)}{6} = 1.32$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.071}{1.32}$$

$$RC = 0.05 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.2.2. Ponderación de la variable Pendiente.

Tabla 25. Normalización, peso y ponderación de la variable Pendiente

INCLINACIÓN DE PENDIENTE (°)		1	2	3	4
		Empinado (35°-55°)	Muy inclinado (15-35°)	Fuertemente inclinado (5°-15°)	Ligeramente inclinado (2°-5°)
1	Empinado (35°-55°)	1	3	4	4
2	Muy inclinado (15-35°)	1/3	1	3	4
3	Fuertemente inclinado (5°-15°)	1/4	1/3	1	2
4	Ligeramente inclinado (2°-5°)	1/4	1/4	1/2	1

SUMATORIA				1,83	4,58	8,50	11,00
NORMALIZACIÓN				PESOS	N máx	PONDERACIÓN	
1	2	3	4			(%)	
0,55	0,65	0,47	0,36	0,51	0,932	51	
0,18	0,22	0,35	0,36	0,28	1,279	28	
0,14	0,07	0,12	0,18	0,13	1,081	12	
0,14	0,05	0,06	0,09	0,09	0,937	9	
SUMATORIA				1,0	4,229	100%	

➤ **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{4.229 - 4}{4 - 1} = 0.076$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(4 - 2)}{4} = 0.99$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.076}{0.99}$$

$$RC = 0.07 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.2.3. Ponderación de la variable Geología.

Tabla 26. Normalización, peso y ponderación de la variable Geología

		1	2	3	4	5
LITOLOGÍA		Esquistos verdes y cuarcitas	Esquistos grafitosos y	Andesitas basálticas	Cantos, gravas y arena	Limos y arenas
	1	Esquistos verdes y cuarcitas	1	2	3	4
2	Esquistos grafitosos y cuarcitas	1/2	1	3	4	4
3	Andesitas basálticas	1/3	1/4	1	3	2

4	Cantos, gravas y arena	1/4	1/4	1/2	1	2
5	Limos y arenas	1/4	1/4	1/2	1/2	1
SUMATORIA		2,33	3,75	9,00	11,50	13,00

NORMALIZACIÓN					PESOS	N máx	PONDERACIÓN (%)
1	2	3	4	5			
0,43	0,52	0,38	0,32	0,31	0,39	0,915	39
0,21	0,26	0,38	0,32	0,31	0,30	1,139	30
0,14	0,09	0,13	0,24	0,15	0,15	1,177	15
0,11	0,07	0,04	0,08	0,15	0,09	1,122	9
0,11	0,07	0,06	0,04	0,08	0,07	0,918	7
SUMATORIA					1,0	5,271	100%

➤ **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{5.271 - 5}{5 - 1} = 0.067$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(5 - 2)}{5} = 1.18$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.067}{1.18}$$

$$RC = 0.05 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.2.4. Ponderación de la variable Cobertura vegetal.

Tabla 27. Normalización, peso y ponderación de la variable Cobertura vegetal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Infraestructura vial	Pastizal	Vegetación arbustiva	plantación forestal	Bosque nativo	Mosiaco agropecuario	Cultivo	Áreas pobladas	Cuerpos de agua natural

1	Infraestructura vial	1	3	3	4	4	4	4	4	4
2	Pastizal	1/3	1	2	3	4	4	4	4	4
3	Vegetación arbustiva	1/3	1/2	1	3	4	4	4	4	4
4	Plantación forestal	1/4	1/3	1/3	1	2	2	2	4	4
5	Bosque nativo	1/4	1/4	1/4	1/2	1	3	3	4	4
6	Mosaico agropecuario	1/4	1/4	1/4	1/2	1/3	1	3	4	4
7	Cultivo	1/4	1/4	1/4	1/2	1/3	1/3	1	3	4
8	Áreas pobladas	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/3	1	4
9	Cuerpos de agua natural	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1
SUMATORIA		3,17	6,08	7,5 8	13,0 0	16,1 7	18,8 3	21,5 8	28,2 5	33,00

NORMALIZACIÓN									PESOS	N máx	PONDERACIÓN (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
0,32	0,49	0,40	0,31	0,25	0,21	0,19	0,16	0,13	0,27	0,864	27
0,11	0,16	0,26	0,23	0,25	0,21	0,19	0,16	0,13	0,19	1,154	19
0,11	0,08	0,13	0,23	0,25	0,21	0,19	0,16	0,13	0,17	1,258	17
0,08	0,05	0,04	0,08	0,12	0,10	0,10	0,12	0,13	0,09	1,212	9
0,08	0,04	0,03	0,04	0,06	0,16	0,14	0,12	0,13	0,09	1,462	9
0,08	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,10	0,12	0,13	0,07	1,306	7
0,08	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,05	1,082	5
0,08	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,07	0,04	0,947	4
0,08	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,901	3
SUMATORIA									1,0	10,186	100%

➤ **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{10.186 - 9}{9 - 1} = 0.148$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(9 - 2)}{9} = 1.54$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.148}{1.54}$$

$$RC = 0.09 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.2.5. Ponderación de la variable Isoyetas.

Tabla 28. Normalización, peso y ponderación de la variable Isoyetas

		1	2	3
PRECIPITACIÓN MEDIA		Precipitación muy alta	Precipitación alta	Precipitación media
1	Precipitación muy alta	1	2	2
2	Precipitación alta	1/2	1	2
3	Precipitación media	1/2	1/2	1
SUMATORIA		2,00	3,50	5,00

NORMALIZACIÓN			PESOS	N máx	PONDERACIÓN (%)
1	2	3			
0,50	0,57	0,40	0,49	0,981	49
0,25	0,29	0,40	0,31	1,092	31
0,25	0,14	0,20	0,20	0,988	20
SUMATORIA			1,0	3,061	100%

➤ **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{3.061 - 3}{3 - 1} = 0.030$$

➤ **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98(3 - 2)}{3} = 0.66$$

➤ **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0.030}{0.66}$$

$$RC = 0.04 < 0.1 \text{ Aceptable}$$

6.3.3. Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos

Mediante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se logró determinar que en el área de estudio existen cinco zonas susceptibles ante deslizamientos, como se detalla en la tabla 29.

Tabla 29. Zonas susceptibles a deslizamientos del área de estudio

N°	Clase de Susceptibilidad	Simbología	Área (km ²)	Porcentaje (%)
1	Muy baja o nula susceptibilidad		0,19	1,85
2	Baja susceptibilidad		0,80	8,70
3	Moderada susceptibilidad		1,68	18,52
4	Alta susceptibilidad		4,43	48,90
5	Muy alta susceptibilidad		2,02	22,03
Total			9.11km²	100 %

6.3.3.1. Muy baja o nula Susceptibilidad.

Las zonas que presentan muy baja o nula susceptibilidad a deslizamientos se localizan de forma predominante en el extremo oeste del área de estudio en las proximidades del río Elvira y al sur con la quebrada Quiroz. Se asientan sobre un relieve plano con geoformas de origen Fluvial como la terraza media y cauce actual, y están parcialmente asociadas a la red hídrica y otros cuerpos de agua natural; su litología presenta principalmente de depósitos coluvio-aluviales (Cantos, gravas, limos y arenas); sus pendientes generalmente presentan de ligeramente a fuertemente inclinadas, las cuales no son favorable para la ocurrencia de deslizamientos; Su cobertura vegetal se encuentra cubierta por pastizales, vegetación arbustiva y cultivos; en esta zona se registran precipitaciones medias a altas. Esta categoría posee un área de 0.19 km² es decir el 1.85 % del área de estudio.

6.3.3.2. Baja susceptibilidad.

Las zonas de baja susceptibilidad a deslizamientos se localizan en la parte sur-oeste asociadas a la red hídrica conformada por el río Elvira y drenajes menores, y en la parte sur con el barrio La Libertad. Esta categoría se caracteriza por presentar geoformas donde predominan las terrazas medias, relieve colinado media y alto; presenta pendientes fuertemente inclinadas y en menor parte muy inclinadas; litológicamente se encuentra representado por andesitas basálticas, esquistos verdes y cuarcitas y en menor esquistos grafitosos; el suelo presenta una cobertura vegetal como los pastizales, cultivos, bosque nativo, vegetación arbustiva y cuerpo de agua natural; se registran precipitaciones medias a altas. En esta zona no se encontró la

presencia de deslizamientos. La categoría ocupa una superficie de 0.80 km² lo cual representa 8.70 % del área de estudio.

6.3.3.3. Moderada susceptibilidad.

La zona con moderada susceptibilidad a deslizamientos se encuentra en su mayor parte al sur-este con en el barrio La Libertad y el barrio Naranjito y al norte con el barrio Fundochamba. Las geoformas que más predominan dentro de esta categoría son el relieve colinado medio y el relieve colinado alto; además presenta diversos tipos de pendientes, en su mayor proporción las pendientes muy inclinadas (15-35°) y en menor proporción las pendientes empinadas (35-55°); su litología está constituido por esquistos verdes, cuarcitas y andesitas basálticas; en cuanto a la cobertura vegetal están cubierto por pastizales, cultivos y mosaico agropecuario y en minoría por vegetación arbustiva; además presentan precipitaciones medias a altas. Esta categoría ocupa una superficie de 1.68 km² lo cual equivale 18.52 % del área de estudio. Al igual que la clasificación de baja susceptibilidad no se encontró la presencia de deslizamientos.

6.3.3.4. Alta susceptibilidad.

La zona con alta susceptibilidad a deslizamientos tiene la mayor parte del territorio ocupando casi la mitad del área de estudio, con una superficie predominante de 4.43 km² es decir el 48.90 %.

Esta zona se distribuye en toda el área de estudio muy cerca de los barrios Fundochamba y Naranjito. Esta zona se asienta principalmente sobre relieves muy alto y montañoso, con pendientes empinadas (35 a 55°) y de mayor proporción de pendientes muy inclinadas (15 a 35°), mismas que son favorables para la ocurrencia de deslizamientos; litológicamente esta conformados por esquistos verdes, esquistos grafitosos y cuarcitas; su cobertura vegetal de esta zona es variada compuesta en su mayoría por bosque nativo, vegetación arbustiva, pastizales, cultivos, y en menor proporción por mosaico agropecuario y plantación forestal; además, se registran precipitaciones altas a muy altas, lo cual se evidencia en un alto grado de meteorización y saturación de los materiales litológicos. En esta categoría se pudo encontrar la presencia de algunos deslizamientos.

6.3.3.5. Muy alta susceptibilidad.

La zona con muy alta susceptibilidad a deslizamientos se distribuye de forma dispersa en toda el área de estudio de forma predominante, en su mayor proporción en la parte este. Esta categoría cuenta con una superficie de 2,02 km² lo que corresponde el 22,03 %.

Las geoformas existentes en las zonas con muy alta susceptibilidad son los deslizamientos, el relieve colinado montañoso y el relieve colinado muy alto, localizados en zonas de considerable altitud; poseen pendientes muy inclinadas (15-35°) y en mayor proporción en pendientes empinadas (35-55°); litológicamente están constituidos por esquistos grafitosos, esquistos verdes y cuarcitas; presenta una cobertura vegetal que corresponde a bosque nativo, vegetación arbustiva, pastizales y en menor proporción el mosaico agropecuario, plantación forestal y cultivos; sus precipitaciones van de medias, altas y muy altas. Esta zona representa un riesgo considerable por deslizamientos. En esta categoría se pudo encontrar la mayor cantidad deslizamientos dentro del área de estudio.

Finalmente, se muestra el área y el porcentaje de los deslizamientos levantados en campos y los deslizamientos por fotointerpretación que están distribuidos en cada clase de susceptibilidad. Así como también la eficiencia total del área de estudio. (Ver tabla 30)

Tabla 30. Eficiencia entre los deslizamientos y las zonas susceptibles del área de estudio.

N°	Clase de Susceptibilidad	Área de los deslizamientos (m ²)	Área (%)	Eficiencia total %
1	Muy baja o nula susceptibilidad	0	0	
2	Baja susceptibilidad	89	0.24	3.4%
3	Moderada susceptibilidad	1186.87	3.23	
4	Alta susceptibilidad	12222.84	33.29	96.5%
5	Muy alta susceptibilidad	23215.93	63.23	
TOTAL		36714.64	100%	

7. Discusión de resultados

Los deslizamientos son fenómenos que, debido a la influencia de factores naturales y antrópicos, ocasionan grandes pérdidas a nivel territorial debido a las pérdidas e interrupción de bienes y servicios públicos y privados, retrasando el progreso de las comunidades y pueblos como en los barrios de Fundochamba, Naranjito y la Libertad, por donde suscitan este tipo de amenazas. La presente investigación ha sido generada para la información cartográfica, mediante el grado de influencia en los movimientos en masa mediante las variables estudiadas en el área de estudio.

El método empleado para el estudio de la susceptibilidad a deslizamientos se evaluó mediante el empleo del proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Thomas L. Saaty (Saaty, 1980), mismo que consistió en el análisis jerárquico de los factores que influyen en los deslizamientos y la ponderación de pesos según el nivel de importancia de cada variable, esto en dependencia a la influencia del área de estudio. Danto prioridad a la variable geomorfología (41%) luego las pendientes (27%), geología (15%) cobertura vegetal (11%) y isoyetas (7%). Cuya reclasificación del criterio dado por Sakar y Kanungo (2004), en la presente investigación se categorizo en 5 clases: susceptibilidad muy baja con el 1.85%; susceptibilidad baja con el 8.70%; susceptibilidad moderada con el 18.52%; susceptibilidad alta con el 48.90%; y susceptibilidad muy alta con el 22.03%.

De acuerdo con el inventario de deslizamientos, la mayor afectación de estos movimientos en masa se encuentra en la parte norte, donde se encuentra la vía principal que accede el paso hacia la parroquia, lo cual obstruyen la vía; y en la parte este, con la vía secundaria hacia el sector el Sauce, se encuentra la mayor cantidad de deslizamientos, así como también el más extenso del área de estudio.

Conforme con los resultados obtenidos, las zonas más susceptibles (altas y muy alta) se encuentran en la parte norte y este del área de estudio, esto es debido a que se encuentra con relieves colinados montañoso y relieve colinado muy alto, así como también predominan pendientes muy inclinados y empinados, y el grado de meteorización de los materiales litológicos de dichas zonas, esto principalmente en el sector el sauce donde se encuentra con el mayor porcentaje susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio.

Esta información cartográfica, de las zonas de mayor susceptibilidad a deslizamiento permitirá conocer el potencial de afectación de movimiento de masa en las áreas determinadas. Lo cual esta investigación contribuye a orientar las redes viales, la construcción de nuevas

infraestructuras o expansión urbanística y poder establecer mecanismos y estrategias de planificación y ordenación del territorio óptimos para un buen desarrollo de la parroquia.

La presente investigación se obtuvo mayor información cartográfica dando conocer a mayor detalle del grado de susceptibilidad a deslizamientos en la zona oeste de la parroquia Fundochamba, esto en comparación al PDOT de la parroquia Fundochamba (2019).

Una de ella es la topografía, cuya escala del PDOT es 1:25.000 y en presente estudio es de 1:10.000, lo cual se determinó información más detallada como nuevos caminos y vías actualizadas. Cabe recalcar que la cartografía realizada por el PDOT, se encuentra poco visible.

Las pendientes cuya metodología fue empleada por Demmek (1972), en comparación del PDOT no muestra le metodología empleada solo indica que esta en pendientes fuertes y muy fuertes, lo cual carece de información.

La variable geomorfología en el área de estudio conforma 3 grupos genéticos (fluvial, tectónico erosivo y laderas), en el PDOT debido a su escala de trabajo, no añade a las laderas (deslizamientos) como una geoforma para la obtención de dicho mapa.

La geología de la zona oeste de la parroquia fundochamba está conformado por 3 formaciones (Unidad Guayuco, Unidad Alao-Paute, Unidad Chiguinda) mientras en el PDOT se basa en la cartografía geológica, a escalas 1:25.000 y 1: 50.000, proporcionada por el INIGEMM, lo cual comprende con dos formaciones Serie Zamora y Formación Sacapalca. Lo cual muestra poca información esto debido a su escala de trabajo del mismo.

La cobertura vegetal al ser realizado en gabinete y corroborado en campo se puede constatar una cierta similitud en el PDOT, ya que concuerda con los diversos tipos de cobertura vegetal presentes en el área de estudio, excepto con los cultivos y los pastizales presenta más áreas de dichas coberturas.

Las isoyetas al tener un promedio de 1000 a 1200 mm/año en el área de estudio, concuerda con la información descrita con el PDOT de Fundochamba.

Según el PDOT, en la zona central de la parroquia se encuentra las áreas con mayor amenaza a movimientos en masa mostrando un nivel de detalle reducido. En la presente investigación las áreas de alta susceptibilidad se encuentran a lo largo de toda el área de estudio y cerca del barrio Fundochamba y por el sector Naranjito, y con más abundancia en la parte norte donde se encuentra la vía principal que accede el paso a la parroquia; las zonas de muy alta susceptibilidad se encuentran con más abundancia en el sector El Sauce ubicada en la parte

este de la zona de estudio, lo cual se encuentra con vías secundarias; es por ello, que los sitios antes citados tienen la mayor probabilidad a verse afectados por la generación de deslizamientos. Cuyo método utilizado da una eficiencia del 97 % de la zona oeste de la parroquia Fundochamba, perteneciente al cantón Quilanga, Provincia de Loja.

8. Conclusiones

- Para la caracterización de los factores que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos se priorizaron en base a la importancia que presentan en la zona de estudio, siendo este: en primer lugar, se priorizó la geomorfología evidenciando 6 geformas, donde el mayor peso de la unidad geomorfológica son los “deslizamientos”; en segundo lugar las pendientes lo cual se las reclasifico en 4 categorías, donde el mayor peso de pendiente es el “empinado”; en tercer lugar la geología obteniendo 5 litologías, cuyo mayor peso tuvo “esquistos verdes y cuarcitas”; en cuarto lugar la cobertura vegetal teniendo 9 categorías, y como mayor peso la “infraestructura vial”, y como ultimo las isoyetas de 3 categorías y su mayor peso son las “precipitaciones muy altas”.
- El resultado del inventario de deslizamientos dentro del área de estudio se obtuvieron un total de 24 movimientos en masa, dando un total de 36714.64 m² de área, lo cual la mayoría de los movimientos en masa fueron están distribuidos a lo largo de la red vial; 9 deslizamientos ubicados en la parte norte cerca del sector Fundochamba, 7 en la parte sur del sector La Libertad y 8 en el sector El Sauce.
- El mapa de susceptibilidad a deslizamientos dentro del área de estudio se obtuvo 5 clases: muy baja (1.85%), Baja (8.70%), moderada (18.52%), alta (48.90%) y la muy alta (22.03%). Las zonas con susceptibilidad alta ocupan un área 4.43 km² lo cual tiene la mayor parte del territorio ocupando casi la mitad del área de estudio, esta zona se distribuye cerca de los barrios Fundochamba y Naranjito; mientras que la zonas con susceptibilidad muy alta se distribuye de forma dispersa, en su mayor proporción en sector el Sauce, esta categoría cuenta con una superficie de 2,02 km². Las zonas con mayor inclinación de pendiente y relieves pronunciados se dan en la parte norte y este, es decir son áreas más susceptibles a deslizamientos.
- La correlación entre los deslizamientos y las zonas susceptibles del área de estudio, se obtuvo que los movimientos en masa se encuentran en zonas de alta a muy alta susceptibilidad; en donde las zonas de alta susceptibilidad tiene un área 12222.84 m² de

deslizamiento, mientras que las zonas de muy alta susceptibilidad cuenta con un área de 23215.93 m² de deslizamiento, dando así una eficiencia del 96.5%.

- La susceptibilidad a deslizamientos empleada para este proyecto de investigación se la realizó mediante la metodología aplicada por el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Thomas L. Saaty (Saaty, 1980), y para el análisis jerárquico de los factores condicionantes a deslizamientos se hizo a través de matrices en las cuales se realizó la ponderación de pesos mediante la escala de Saaty. Para la determinación de las matrices se las realizó mediante un orden jerárquico descendiente, en función a la influencia de cada variable en la ocurrencia de deslizamientos. Es decir, se coloca en primer lugar las variables de mayor influencia y luego las de menor influencia en la susceptibilidad a deslizamientos. Para asignación de los pesos de cada variable lo cual está sujeta al criterio del autor, quedo de la siguiente manera: para la variable geomorfología con una ponderación del 41%, variable pendiente con una ponderación del 27%, variable geología con una ponderación del 15%, variable cobertura vegetal con una ponderación del 11% y la variable isoyetas con una ponderación del 7%.

9. Recomendaciones

- Considerar las ortofotos actuales y con mayor resolución para mejorar el proceso de la fotointerpretación de los mapas temáticos realizados, y obtener resultados con mayor detalle.
- Complementar el inventario de deslizamientos con una caracterización morfométrica de los deslizamientos, para generar el seguimiento y control de estos fenómenos.
- Realizar más estudios a mayor detalle para la realización de apertura de vías y infraestructura, con la ayuda de la geotecnia y la geofísica.
- Establecer medidas de prevención en los taludes en las diversas zonas de alta y muy alta susceptibilidad.

10. Bibliografía

- Alarn, (2002). “Instrumentos de apoyo para análisis y la gestión de riesgos naturales”. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y Programa de Prevención de desastres Naturales en América Central (PREVAC), Nicaragua. 46p. ISBN: 743 238 124
- Ayala, F., & Olcina, J. (2002). Riesgos naturales. Ariel Ciencia.
- Barrantes Castillo, G., Barrantes Sotela, O., & Núñez Roman, O. (2011). Efectividad Metodología Mora - Vahrson. Revista Geográfica de América Central, 2(47), 141–162.
- Blanco Figueredo, M. N., Ibañez Gordillo, J. L., & Machado Meneses, J. A. (2020). GeoSlips- Plugin para la zonificación de amenazas por movimientos en masa.
- Bennett, A., 1999. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de conservación de bosque UICN, Conservando los ecosistemas boscosos serie No. 1, primera y segunda parte. Unión Mundial para la Naturaleza. 275 pp.
- Belousov, V. (1979). Geología estructural (Segunda Ed). Editorial MIR.
- Bergoeing, J. P. (2008). Interpretación Geomorfológica del volcán Barú, Panamá. Pan American Institute of Geography and History
- Burrough, P. & McDonnel, R. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, New York, USA.
- Cardona, K., & Giraldo, I. (2016). Validation of landslide assessment models by means of landslide inventories at sub-regional scales. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/57220/1/1017193962.2016.pdf>
- Cueto, C., Estévez, E., & Ordaz, A. (2019). Zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 28.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. In K. Turner & R. Schuster (Eds.), Landslides: investigation and mitigation (247th ed., pp. 36–75). Transport Research Board Special Report.
- De Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., and Oteo, C., 2002, Ingeniería Geologica: 744 p.

- Duncan J. M., Wright S. G. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Pearson Education.
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA). (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas*. Canadá: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Guzzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., & Chang, K. T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, Vol. 112, pp. 42–66. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- Harvey, J. C. (1987). *Geología para Ingenieros Geotécnicos* (Primera Ed). Editorial Limusa.
- Hubp, J. L. (2011). *Diccionario geomorfológico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Highland, L.M., and Bobrowsky, P., 2008, *The landslide Handbook - A guide to understanding landslides: US Geological Survey Circular*, p. 1–147.
- Jiménez. F (2002). *Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 288 p.
- Lara, M. del P. (2007). *Metodología para la Evaluación y Zonificación de Peligro de Remociones en Masa con Aplicación en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana*. Tesis, Universidad de Chile, 53(9), 1–188. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Navarro Vidal, J. (2012). *Susceptibilidad y Amenaza de movimientos de ladera mediante S.I.G. en el Municipio de Berlín, El Salvador*. 78.
- Obregón, C., & Lara, J. (2013). El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa: una herramienta para la gestión sostenible del territorio. *Espacio y Desarrollo*, 64(25), 49–64.
- Ogura, A., & Macedo, E. S. (1987). *Procesos y riesgos geológicos*. CURSO INTERNACIONAL DE ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, 114–137.

- Plaza, G., H. Yépez. (2001). Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable. 2 ed. Washington D.C.: ops.
- Popescu, M. E. (2002). Landslide causal factors and landslide remedial options. 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and Safety of Infra-Structures, 1–21.
- Ramirez, R. I. (2015). GENERACIÓN DE GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y AMENAZAS GEOLÓGICAS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN QUILANGA DE LA PROVINCIA DE LOJA, ESCALA 1: 25 000. Loja.
- Remondo, J. (2001). Elaboración y validación de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante técnicas de análisis espacial. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Selby, M. J. (1982). Hillslope materials and processes. Oxford University Press.
- Seisdedos Santos, J. (2009). Los grandes paleo-desplazamientos de Güimar y la Oratava (Tenerife): análisis geológico, mecanismos de inestabilidad y modelización geomecánica. Tesis de Doctorado. Facultad De Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 202 pp.
- Soeters, R.; Van Westen, C. (1996). "Slope instability recognition, analysis, and zonation". Inglaterra Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/209803184_Slope_instability_Recognition_a_nalysis_and_zonation Isbn: 853 482 942
- Suárez, J. (2009). Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico. Obtenido de <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.htm>
- Suárez Díaz, J., (2009), Capítulo 1. Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos: Deslizamientos: Análisis Geotécnico, v. 1, p. 1–36,
- Tobler, Waldo. (1987). "Measuring Spatial Resolution", Proceedings, Land Resources Information Systems Conference, Beijing, pp. 12-16.
- Tomlin C (1990), "Geographic information systems and cartographic modelling." Prentice Hall
- Torrijo, F.J. (2003). Taludes y excavaciones en suelos. Apuntes del Master en Geotecnología. Universidad de Barcelona, 42 pp

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Special report, 176, 11-33

Cornelis Johannes Van Westen. (1997). Application of geographic information system to landslide hazard zonation. January.

11. Anexos

Anexo 1. Ficha Descripción de Afloramientos

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-01	Fecha	11 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677107	9521954	1401	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Entrada a Fundochamba
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	28m	Altura Total	30m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	S80°E	Buzamiento:	N45°E
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos	Unidad Alao-Paute	2.8 m	
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Esquisto en forma masiva de grano medio de coloración verdoso debido a la alta meteorización, cuenta con una textura foliada representada por los minerales del grupo de las micas, contiene biotita y clorita y cuarcita.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-02	Fecha	11 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	676706	9521800	1442	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Entrada Fundochamba
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	16m	Altura Total	24m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	S35°E	Buzamiento:	S27°E
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos, cuarcita	Unidad Alao-Paute	6m	
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Cuarcita metaformica, cristalizada de color blanco lechoso con transición de esquistos de coloración verdoso de una textura foliada. Contiene minerales verdes como la clorita epidota y horblenda.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-03	Fecha	11 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	676402	9521348	1493.4	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Entrada Fundochamba
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	25m	Altura Total	11m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	S47°E	Buzamiento:	S38°W
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos, Cuarcita	Unidad Alao-Paute	2m	
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Suelo arcilloso con alto contenido de hierro, y esquistos de textura foliada con la presencia de los minerales clorita y actinolita contiene intercalaciones de cuarcita de coloración blanco lechoso.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-04	Fecha	11 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	676793	9521587	1503	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Entrada Fundochamba
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	16m	Altura Total	10m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistas, intercalado de arcillas	Unidad Alao-Paute		
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está compuesto por suelo arcilloso con alto contenido de hierro, y litológicamente contiene esquistas de textura foliada con un grado de meteorización alto de minerales como la clorita, epidota, actinolita. Su resistencia de matriz rocosa es blanda, cuyas discontinuidades poseen muy baja persistencia (longitud $1 < m$) de espaciado cerrado. No presenta datos estructurales al estar con alto contenido de suelos arcilloso.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-05	Fecha	12 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677235	9521631	1589	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Barrio Fundochamba
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	12m	Altura Total	7m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	S34°E	Buzamiento:	N62°E
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos verdosos	Unidad Alao-Paute	70cm	
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Se encuentra constituido por esquistos de coloración verdosa de textura foliada de grano medio donde predominan minerales laminados o micáceos, compuesto por suelo arcilloso de alto contenido de hierro, su resistencia de matriz rocosa es dura, y sus discontinuidades persisten de una longitud baja (1 < m) de un espaciado moderado de rugosidad lisa con aperturas cerradas (1 < mm), sin ningún material de relleno, se puede distinguir la presencia de pequeños diaclasas.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-08	Fecha	12 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677653	9520117	1630.8	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Barrio Naranjito
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	30m	Altura Total	18m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos	Unidad Alao-Paute		
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está constituida por esquistos verdosos de textura foliada de grano medio, y con cuarcitas con una resistencia de la roca dura, no presenta discontinuidades. El afloramiento debido al alto grado de meteorización por la exposición directa a los agentes externos impide la toma de datos estructurales de rumbo y buzamiento.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-09	Fecha	12 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677441	9519776	1610	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Barrio Naranjito
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	20m	Altura Total	22.5m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquistos verdosos	Unidad Alao-Paute		
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está compuesto por esquistos de textura foliada de coloración verdosa causado por el alto contenido de minerales como clorita, epidota, actinolita y zoisita, contiene una fracturación de bloques muy pequeños, y una resistencia de roca blanda. Las rocas presentan inclusions de cuarcita de 20cm. El talud presenta una meteorización moderada debido a la exposición directa a los agentes externos, lo cual no permite la toma de datos estructurales.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-10	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677575	9519095	1551	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Barrio la Libertad
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	18m	Altura Total	12m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	N50°#	Buzamiento:	N8W
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquisto con intercalaciones de cuarcita	Unidad Alao-Paute	60cm	
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está compuesta por rocas esquistosas de grano medio y alto contenido de minerales verdes como clorita, epidota, actinolita y zoisita. con intercalaciones de rellenos de cuarcita y entre las fracturas cuenta con un espesor de 5 a 10 cm, algunas cuarcitas presentan porosidad. Cuenta con un fracturamiento de roca media (3 -10 juntas/m²) y una resistencia de roca media. Tiene una baja persistencia de discontinuidades, un espaciamiento muy cerrado y una rugosidad lisa. Sus aperturas de sus discontinuidades son muy abiertas que van de 10 a 30mm y su espesor de relleno espeso ya que esta rellena de cuarcitas.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-11	Fecha		30 de junio 2022
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677663	9520475	1786	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	25m	Altura Total	20m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquisto grafitoso	Unidad Chigüinda		
2	Esquisto Verdoso	Unidad Alao-Paute		
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está constituido litológicamente por esquistos grafitosos de textura foliada con resistencia de roca dura, posee unas discontinuidades de persistencia de longitud media (3-10m), con un espaciado moderado que va de (200 a 600 mm), su discontinuidad es lisa de espesor limpia sin material de relleno. Aquí se encuentra con el contacto de la Unidad Aloa-Paute compuesta litológicamente por esquisto verdosos con intercalaciones de cuarcitas.</p>		

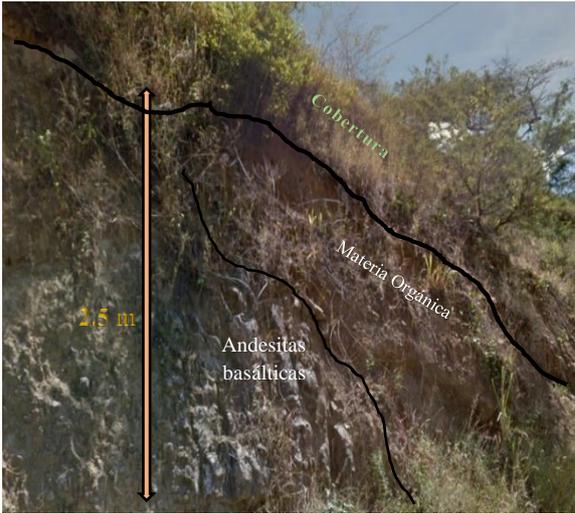
FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-12	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677988	9520040	1837	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	12m	Altura Total	9m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:	S55E	Buzamiento:	N35E
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquisto Grafitosos	Unidad Chigüinda	65cm	
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está constituido de esquistos grafitosos de coloración gris de forma masiva con una textura foliada de grano medio, tiene una resistencia de roca media y un fracturamiento de bloque muy pequeños. Presenta discontinuidades de persistencia de longitud baja (1 a 3 m) con un espaciamiento cerrado (60 a 200mm), y una rugosidad de tipo ondulada de apertura abierta (3 a 10 mm), cuyas fracturas están rellenas de cuarcita. El afloramiento se encuentra en un alto grado de meteorización debido a los agentes externos que afectan al talud.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-13	Fecha		30 de junio 2022
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	678246	9520184	1985	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	18m	Altura Total	6.5m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Esquisto Grafitosos	Unidad Chigüinda		
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Está constituido por material arcilloso-limoso de color marrón con un alto contenido de hierro, y litológicamente por esquistos grafitosos de coloración gris oscuro de grano fino, con una textura foliada lo cual representa esquistosidad esto debido al esfuerzo regional en los relieves montontosos, contienen mineral como el grafito, granate, cianita, anfíboles y epidota, característicos de la composición protolito o del grado metamórfico. No presenta discontinuidades</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-14	Fecha		30 de junio 2022
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	678154	9519976	1998	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	35m	Altura Total	8m
Vegetación	Exuberante ()	Escasa (X)	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Cuarcitas, Esquisto pelítico	Unidad Chigüinda		
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>litológicamente presenta pequeñas cantidades de roca pelítico de coloración gris de grano medio a grueso y con foliación marcada denomina esquistos, así como también presenta cantidades de cuarcita de grano medio a fino de una textura granoblástica, está constituida esencialmente por cuarzo (más del 70 %) y algo de micas y/o feldspatos.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-17	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	678986	9520308	2009.4	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	
Afloramiento	Natural	()	Antrópico	(X)
	Ancho Total	25m	Altura Total	13m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Cuarcitas- Esquisto pelítico	Unidad Chigüinda		
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Esta litológicamente compuesto con esquisto grafitosos esto producto del metamorfismo regional de alto grado a partir de sedimentos arcillosos ricos en materia orgánica, lo cual impide ver la presencia de los estratos y la toma de los datos estructurales. El talud tiene un grado de meteorización alto debido a las condiciones externas.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-21	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	675818	9519819	1285	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Rio Elvira
Afloramiento	Natural	(X)	Antrópico	()
	Ancho Total	4.75 m	Altura Total	4.5m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Andesitas basálticas	Unidad Río Guayucu		
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Su litológica está constituido de andesitas basálticas de coloración gris, de textura afanítica de tamaño de grano fino (<1mm), mineralógicamente se compone de biotita, feldespato y minerales secundarios como la magnetita y el olivino, también presenta un grado alto de meteorización cubierto por materia orgánica. Su resistencia de la roca es media debido que soporta un golpe de martillo geológico</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-22	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	675753	9520468	1296	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Rio Elvira
Afloramiento	Natural	(X)	Antrópico	()
	Ancho Total	5m	Altura Total	2.5m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	Andesitas basálticas	Unidad Río Guayucu		
2				
Meteorización	Baja ()	Media (X)	Alta ()	
Fotografía		Descripción		
		<p>Litológicamente está compuesto por rocas andesitas basálticas de coloración gris claro, tiene una textura afanítica de cristales minerales menores a 1mm, tiene una composición química intermedia, es decir que tiene entre el 52 al 63% de sílice (SiO₂), además su presencia mineralógicamente se compone de anfíbol, plagioclasas y piroxenos principalmente, y minerales secundarios como la magnetita y feldespatos. Su resistencia de matriz rocosa media (golpe con el martillo geológico). Su discontinuidades tienen una baja persistencia (1 a 3m), espaciado cerrado (60 a 200mm), su rugosidad es de tipo lisa con apertura moderadamente abierta (1 a 3mm), con una película muy delgada de relleno de arcillas</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-24	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	675560	9520245	1265	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Rio Elvira
Afloramiento	Natural	(X)	Antrópico	()
	Ancho Total	25m	Altura Total	5m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	cantos de roca, gravas, arenas finas a medias y limos.	Depósito aluvial		
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Compuesto por cantos de roca con composición andesítica, áreas de finas a medias con limos, situado a lo largo del río Elvira. No presenta toma de datos estructurales ya que las estructuras no presentan una continuidad.</p>		

FICHA PARA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS				
Código	DA-25	Fecha	30 de junio 2022	
Coordenadas Ubicación UTM/WGS84	X	Y	Z	
	677040	9518814	1311	
Ubicación Geográfica	Provincia	Cantón	Parroquia	Sector
	Loja	Quilanga	Fundochamba	Quebrada Quiroz
Afloramiento	Natural	(X)	Antrópico	()
	Ancho Total	25m	Altura Total	13m
Vegetación	Exuberante (X)	Escasa ()	Nula ()	
Datos estructurales del afloramiento	Rumbo:		Buzamiento:	
Descripción de litología del Afloramiento				
Numero de capas	Litología	Formación	Potencia	
1	por bloques sub angulares en matriz arcillosa, limos, arenas	Depósitos coluvio – aluvial		
2				
Meteorización	Baja ()	Media ()	Alta (X)	
Fotografía		Descripción		
		<p>Constituido por bloques sub angulares en matriz arcillosa, limos, arenas de grano fino a grueso, están extendidas a lo largo de la quebrada Quiroz con una exuberante vegetación</p>		

Anexo 2. Ficha de Descripción Macroscópica.

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_01
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_01_M1
FOTOGRAFÍA: 		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris Verdosa
		Textura	Esquistosa
		Estructura	Foliada
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Alargados
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		UBICACIÓN DE LA ROCA	
X: 677107 Y: 9521954		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Entrada a Fundochamba	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	Biotita y Clorita	Estratificación: S80°E/45NE	
Minerales accesorios	Plagioclasa y Cuarzo		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto Verde</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_04
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_04_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris Verdosa
		Textura	Esquistosa
		Estructura	Foliada
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Alargados
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 676793 Y: 9521587		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Entrada a Fundochamba	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	clorita, epidota, actinolita		
Minerales accesorios	plagioclasas		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto Verde</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_04
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_04_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Verdosa
		Textura	Esquistosa
		Estructura	Foliada
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Alargados
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 677235 Y: 9521631		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Barrio Fundochamba	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	clorita actinolita, zoisita	Estratificación: S72°E/62NE	
Minerales accesorios	plagioclasas		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto Verde</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_10
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_10_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris Verdosa
		Textura	Esquistosa
		Estructura	Foliada
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Irregular
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 677575 Y: 9519095		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Barrio La libertad	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	clorita, epidota y zoisita	Estratificación: N50°E /80NE	
Minerales accesorios	plagioclasas		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto con intercalaciones de cuarcita</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_12
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_12_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Negro
		Textura	Foliada
		Estructura	Masiva
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Alargados, líneas
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 677988 Y: 9520040		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Parte alta de barrio la Libertad	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	Mica y clorita,	Estratificación: S55°E/35° NE	
Minerales accesorios	Cuarzo y feldespato		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto grafitoso</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_13
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_13_M1
FOTOGRAFÍA: 		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris Oscuro
		Textura	Foliada
		Estructura	Masiva
		Tamaño del grano	medio
		Forma de los clastos	Alargados, líneas
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		UBICACIÓN DE LA ROCA	
X: 678246 Y: 9520184		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Vía secundaria Barrio la libertad	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	grafito, granate, cianita, anfíboles		
Minerales accesorios	Epidota		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Esquisto grafitoso</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_14
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_14_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Blanco Lechoso
		Textura	granoblástica
		Estructura	No foliada
		Tamaño del grano	Medio a Fino
		Forma de los clastos	onduladas
		% Fenocristales	0
		% matriz	100
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 678154 Y: 9519976		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Barrio Naranjito	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	cuarzo		
Minerales accesorios	micas y feldespatos		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Cuarcita</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS				
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_17	
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_17_M1	
FOTOGRAFÍA: 		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		
		<i>Características de los componentes</i>		
		Color	Blanco Lechoso	
		Textura	granoblástica	
		Estructura	No foliada	
		Tamaño del grano	Medio	
		Forma de los clastos	onduladas	
		% Fenocristales	0	
		% matriz	100	
COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)		UBICACIÓN DE LA ROCA		
X: 678986 Y: 9520308		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba Sector: Barrio Naranjito		
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)		
Minerales Principales	cuarzo			
Minerales accesorios	clorita y el granate			
Mineralización	---			
Grado de meteorización	Alta	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No		
Nombre de la roca	<i>Cuarcita</i>			

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_21
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_21_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris
		Textura	Afanítica y porfírica
		Estructura	Masiva
		Tamaño del grano	Fino
		Forma de los clastos	Euhedrales
		% Fenocristales	25
		% matriz	75
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 675818 Y: 9519819		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	Clorita, biotita, feldespato, cuarzo		
Minerales accesorios	Plagioclasas		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Medio	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Andesita basáltica</i>		

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE ROCAS			
Autor:	Joe A. Hualpa J.	N° Ficha	DA_22
Tipo de la muestra:	Afloramiento	Código de la muestra:	DA_22_M1
FOTOGRAFÍA:		DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
		<i>Características de los componentes</i>	
		Color	Gris oscuro
		Textura	Afanítica y porfírica
		Estructura	Masiva
		Tamaño del grano	Fino a medio
		Forma de los clastos	Euhedrales
		% Fenocristales	25
		% matriz	75
		COORDENADAS UTM (Sistema de Proyección WGS84)	
X: 675753 Y: 9519819		Provincia: Loja Cantón: Quilanga Parroquia: Fundochamba	
CONTENIDO DE MINERALES		DATOS ESTRUCTURALES (azimut de buzamiento)	
Minerales Principales	Biotita, plagioclasas y cuarzo		
Minerales accesorios	biotita y feldespatos alterados		
Mineralización	---		
Grado de meteorización	Medio	Análisis de Laboratorio: No Lámina delgada: No	
Nombre de la roca	<i>Andesita basáltica</i>		

Anexo 3. Ficha de Descripción de Deslizamientos

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 676627 Y: 9521655 Z: 1445.7	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-01		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022			Sector		Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Entrada a Fundochamba	
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()		Roca (X)	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)		Detritos ()	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()		Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) (X)
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Lento (> 1,6 m/año) ()
Factores ()			Colapso ()			Ext. Lento (< 16 mm/año) ()	
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción (X)
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación (X)	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada		15.5m	
				Ancho de la Superficie de Ruptura		20.8m	
				Longitud de la Masa Desplazada		19.5m	
				Longitud de la Superficie de Ruptura		4.5m	
				Longitud Total		23m	
				Área (m ²)		478.4	

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 676724 Y: 9521509 Z: 1484.4	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-02		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022			Sector		Entrada a Fundochamba	
Responsable	Joe Hualpa (2022)						
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo (X)	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos ()	Lig. Húmedo ()	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)			Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()	
Estabilizado ()		Confinado ()			Vuelcos ()	Lento (> 1,6 m/año) (X)	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()	Suelos (X)	Muy Húmedo (X)	Ext. Lento (< 16 mm/año) ()	
Factores ()			Colapso ()				
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción (X)	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		20m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		26.5m		
			Longitud de la Masa Desplazada		19.5m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		2.5m		
			Longitud Total		22m		
			Área (m ²)		583		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 676724 Y: 9521550 Z: 1492.5	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-03		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022			Sector		Entrada a Fundochamba	
Responsable	Joe Hualpa (2022)						
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca (X)	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo (X)	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos ()	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) (X)	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()		Lento (> 1,6 m/año) ()		
Factores ()			Colapso ()		Ext. Lento (< 16 mm/año) ()		
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción (X)	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		18m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		22.5m		
			Longitud de la Masa Desplazada		17.5m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		5.5m		
			Longitud Total		23m		
			Área (m ²)		517.5		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677182 Y: 9521653 Z: 1562.4	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-04		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Entrada a Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()		Roca ()	Seco (X)	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)			Detritos ()	
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()			Vuelcos ()		Suelos (X)
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)	Caída ()		Muy Húmedo ()	Ext. Lento (< 16 mm/año) (X)	
Estabilizado (X)		Confinado ()	Colapso ()				
Relicto ()		Enjambre ()					
Factores ()							
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción ()
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias ()	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada		12.5m	
				Ancho de la Superficie de Ruptura		15.8m	
				Longitud de la Masa Desplazada		3.5m	
				Longitud de la Superficie de Ruptura		2.5m	
				Longitud Total		6m	
				Área (m ²)		94.8	

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677014 Y: 9521494 Z: 1599	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-05		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022			Sector		Entrada al Barrio Fundochamba	
Responsable	Joe Hualpa (2022)						
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional (X)	Roca ()	Seco (X)	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional ()	Detritos ()	Lig. Húmedo ()	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado (X)		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()				
Factores ()			Colapso ()				Muy Húmedo ()
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción ()	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		12.5m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		18.7m		
			Longitud de la Masa Desplazada		7m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		2.5m		
			Longitud Total		9.5m		
			Área (m ²)		177.7		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677099 Y: 9520776 Z: 1707.4	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-06		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Barrio Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional (X)		Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional ()		Detritos (X)	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()		Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Ext. Lento (< 16 mm/año) ()
Factores ()			Colapso ()				
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil ()	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción ()
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias ()	Excavación del Talud (X)	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada		11.8m	
				Ancho de la Superficie de Ruptura		14m	
				Longitud de la Masa Desplazada		12.5m	
				Longitud de la Superficie de Ruptura		2.5m	
				Longitud Total		15.5m	
				Área (m ²)		217	

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677458 Y: 9519790 Z: 1611.1	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-07		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Barrio Naranjito
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca (X)	Seco (X)	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo (X)	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos (X)	Lig. Húmedo ()	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose ()					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) (X)	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()		Muy Húmedo ()	Lento (> 1,6 m/año) ()	
Factores ()			Colapso ()		Ext. Lento (< 16 mm/año) ()		
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción (X)	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		15.3m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		17m		
			Longitud de la Masa Desplazada		25.8m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		4.2m		
			Longitud Total		30m		
			Área (m ²)		510m		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677440 Y: 9519705 Z: 1614.1	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-08		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	6 de junio 2022			Parroquia		Fundochamba	
Responsable	Joe Hualpa (2022)			Sector		Barrio Naranjito	
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo (X)	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos (X)	Lig. Húmedo ()	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose ()					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo (X)	Moderado (13m/mes) (X)	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()		Muy Húmedo ()	Ext. Lento (< 16 mm/año) ()	
Factores ()			Colapso ()				
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción ()	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		9.5m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		13.8m		
			Longitud de la Masa Desplazada		8.2m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		3.8m		
			Longitud Total		12m		
			Área (m ²)		162		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677151 Y: 9518706 Z: 1360.7	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-09		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	15 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Barrio La Libertad
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional (X)		Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional ()		Detritos (X)	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()		Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) (X)
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Lento (> 1,6 m/año) ()
Factores ()			Colapso ()			Ext. Lento (< 16 mm/año) ()	
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción (X)
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias ()	Excavación del Talud ()	Deforestación (X)	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada			17m
				Ancho de la Superficie de Ruptura			18.2m
				Longitud de la Masa Desplazada			10m
				Longitud de la Superficie de Ruptura			4.7m
				Longitud Total			14.7m
				Área (m ²)			267.5

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677848 Y: 9520356 Z: 1781.5	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-10		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	15 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Barrio Naranjito
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional (X)		Roca (X)	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo (X)	Único (X)	Retrogresivo ()				Deslizamiento Traslacional ()	
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo (X)	Vuelcos ()		Detritos ()		
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose ()				Caída ()	
Estabilizado ()		Confinado ()	Colapso ()				
Relicto ()		Enjambre ()					
Factores ()							
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos (X)	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción (X)
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud (X)	Deforestación (X)	Vibración Artificial ()	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada		7m	
				Ancho de la Superficie de Ruptura		10.7m	
				Longitud de la Masa Desplazada		8m	
				Longitud de la Superficie de Ruptura		4.5m	
				Longitud Total		12.5m	
				Área (m ²)		133.75	

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS						
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-11				Cantón	Quilanga
Fecha	15 de junio 2022				Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)		Datum	UTM WGS84 Zona 17S	Sector	Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca (X)	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo (X)	Único (X)	Retrogresivo ()			Deslizamiento Traslacional (X)	
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo (X)	Vuelcos ()	Detritos (X)		Húmedo (X)
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose ()			Caída ()	Suelos (X)
Estabilizado ()		Confinado ()	Colapso ()			
Relicto ()		Enjambre ()				
Factores ()						
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado (X)	Meteorización por Expansión/Contracción ()
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud (X)	Deforestación ()	Vibración Artificial ()	Irrigación ()
Registro Fotográfico			Dimensiones			
			Ancho de la Masa Desplazada		35m	
			Ancho de la Superficie de Ruptura		40.5m	
			Longitud de la Masa Desplazada		50m	
			Longitud de la Superficie de Ruptura		31m	
			Longitud Total		81m	
			Área (m ²)		3280.5	

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 677994 Y: 9520053 Z: 1835	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-12		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	15 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()		Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)		Detritos (X)	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()		Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Lento (> 1,6 m/año) (X)
Factores ()				Colapso ()			Ext. Lento (< 16 mm/año) ()
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil ()	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción ()
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias ()	Excavación del Talud (X)	Deforestación ()	Vibración Artificial (X)	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada			13.5
				Ancho de la Superficie de Ruptura			18m
				Longitud de la Masa Desplazada			12mm
				Longitud de la Superficie de Ruptura			3.5m
				Longitud Total			15.5m
				Área (m ²)			279

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 678259 Y: 9520202 Z: 1958.1	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-13		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	30 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos ()	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado (X)		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Ext. Lento (< 16 mm/año) (X)
Factores ()			Colapso ()				
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)	Bosque/Selva ()	Cultivos (X)	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Meteorización por Expansión/Contracción ()	
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud (X)	Deforestación ()	Vibración Artificial ()	Irrigación ()
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		8m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		10.5m		
			Longitud de la Masa Desplazada		6m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		2m		
			Longitud Total		8m		
			Área (m ²)		84		

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 678526 Y: 9520312 Z: 2006.7	Ubicación Geográfica	Provincia	Loja
Código	DD-14		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón	Quilanga
Fecha	30 de junio 2022					Parroquia	Fundochamba
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector	Fundochamba
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento		Material	Humedad	Velocidad
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()		Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)		Detritos ()	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()
Latente ()	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado (X)		Confinado ()	Vuelcos ()		Suelos ()	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Lento (> 1,6 m/año) ()
			Colapso ()			Ext. Lento (< 16 mm/año) (X)	
Tipo de Cobertura vegetal		Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos ()	Matorrales ()	Sin Cobertura ()
Factores Condicionantes/Detonantes		Material Plástico Débil ()	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción ()
		Movimiento Tectónico ()	Lluvias ()	Excavación del Talud (X)	Deforestación ()	Vibración Artificial ()	Irrigación ()
Registro Fotográfico				Dimensiones			
				Ancho de la Masa Desplazada			40m
				Ancho de la Superficie de Ruptura			50m
				Longitud de la Masa Desplazada			20m
				Longitud de la Superficie de Ruptura			5m
				Longitud Total			25m
				Área (m ²)			1250

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de Tesis	DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA ZONA OESTE DE LA PARROQUIA FUNDOCHAMBA PERTENECIENTE AL CANTÓN QUILANGA, PROVINCIA DE LOJA		Coordenadas	X: 678775 Y: 9520278 Z: 2013.7	Ubicación Geográfica	Provincia Loja	
Código	DD-15		Datum	UTM WGS84 Zona 17S		Cantón Quilanga	
Fecha	30 de junio 2022					Parroquia Fundochamba	
Responsable	Joe Hualpa (2022)					Sector Fundochamba	
Actividad del Movimiento			Tipo de Movimiento	Material	Humedad	Velocidad	
Estado	Estilo	Distribución	Deslizamiento Rotacional ()	Roca ()	Seco ()	Extr. Rápido (>5 m/s) ()	
Activo ()	Único (X)	Retrogresivo ()					
Reactivado ()	Sucesivo ()	Progresivo ()	Deslizamiento Traslacional (X)	Detritos (X)	Lig. Húmedo (X)	Rápido (>1,8 m/h) ()	
Latente (X)	Múltiple ()	Ensanchándose (X)					
Estabilizado ()		Confinado ()	Vuelcos ()	Suelos (X)	Húmedo ()	Moderado (13m/mes) ()	
Relicto ()		Enjambre ()	Caída ()			Muy Húmedo ()	Ext. Lento (< 16 mm/año) (X)
Factores ()			Colapso ()				
Tipo de Cobertura vegetal	Vegetación herbácea (X)		Bosque/Selva ()	Cultivos (X)	Matorrales ()	Sin Cobertura ()	
Factores Condicionantes/Detonantes	Material Plástico Débil (X)	Material Fallado ()	Material Sensible ()	Material Colapsable ()	Material Meteorizado ()	Meteorización por Expansión/Contracción ()	
	Movimiento Tectónico ()	Lluvias (X)	Excavación del Talud ()	Deforestación ()	Vibración Artificial ()	Irrigación ()	
Registro Fotográfico			Dimensiones				
			Ancho de la Masa Desplazada		7m		
			Ancho de la Superficie de Ruptura		12m		
			Longitud de la Masa Desplazada		9m		
			Longitud de la Superficie de Ruptura		3.7m		
			Longitud Total		12.7m		
			Área (m ²)		152.4		

Anexo 4. Mapa Topográfico.

Anexo 5. Mapa de Pendientes.

Anexo 6. Mapa Geológico local

Anexo 7. Mapa Geomorfológico

Anexo 8. Mapa de Cobertura Vegetal

Anexo 9. Mapa de Isoyetas

Anexo 10. Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos

(Ubicados en el Cd-R Nro.1)

Anexo 11. Certificación de traducción del resumen.

Loja, 12 de julio del 2023

Yo, Lilibeth Johana Bravo Fajardo, con documento de identidad Nro. **2100510854**, poseedora del certificado **NIVEL INTERMEDIO AVANZADO B2-INGLÉS**, avalado por Cambridge Assessment English, Número de Verificación: C0018683.

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen del trabajo de titulación, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por el autor, el Señor **JOE ALEJANDRO HUALPA JIMÉNEZ**, con cedula de identidad Nro. **1150760369**, con el tema denominado "Determinación de la susceptibilidad a deslizamientos en la zona oeste de la parroquia Fundochamba perteneciente al cantón Quilanga, provincia de Loja", traducción que servirá para fines personales de uso del cliente.

Lo certifico en honor a la verdad, y, a su vez autorizo al interesado a hacer uso del presente para los fines que considere pertinentes.



Ing. Lilibeth Johana Bravo Fajardo

C.I: 2100510854