



\*CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA\*

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES  
NO RENOVABLES

GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

“CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA  
VÍA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD  
QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS  
LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA”

Tesis de grado previo a la  
obtención del Título de  
Ingeniero en Geología  
Ambiental y Ordenamiento  
Territorial.

**AUTORES:**

TANIA JOHANNA QUITUISACA GUTIERREZ

SILVIA ARACELI TORRES ESPINOSA

**DIRECTOR:**

ING. JIMMY STALIN PALADINES

LOJA – ECUADOR  
2009

1859



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

**"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA  
LOJA - SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD  
QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS,  
CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"**





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

La particularidad de la investigación, información, diseños, metodología, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, planteadas y desarrolladas en la presente tesis de grado: **"Caracterización de los principales deslizamientos en la vía Loja - Saraguro, desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la entrada de la comunidad Las Lagunas, Cantón Saraguro, Provincia de Loja"**, son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

.....  
Tania Johanna Quituisaca Gutiérrez

.....  
Silvia Araceli Torres Espinosa





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

Dejamos constancia de nuestro más profundo agradecimiento a todo el personal docente de la Universidad Nacional de Loja de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por sus conocimientos impartidos dentro de las aulas universitarias, de manera especial al Ing. Stalin Paladines, director de tesis, por su oportuna ayuda y asesoramiento brindado durante el desarrollo de la presente tesis de grado.

De igual manera, nuestros más sinceros agradecimientos a los señores catedráticos de la Universidad, Ing. Julio Romero, Ing. Danilo Ortega y Dr. Luis Angamarca, por brindarnos su colaboración y sugerencias que ayudaron para la culminación del presente proyecto.

A los compañeros, Eddy Paccha, Luis Cuenca, Pablo Bravo, David Vicuña, Carlos Medina y Alexander González por brindarnos su ayuda y apoyo.

**Las Autoras**





## DEDICATORIA

Agradezco a DIOS por permitirme vivir y culminar con etapa de mi vida; también, doy mi profundo y sincero agradecimiento a mi padre José Quituisaca, a mi madre Raquel Gutiérrez, a mi esposo Juan Carlos Erazo, a mis hermanos Diana, Linder y Malena y a mi familia en general, por apoyarme y darme valor para seguir adelante. Así mismo agradezco a mi amiga y compañera de tesis por brindarme su colaboración, amistad y apoyo.

Tania Johanna Quituisaca Gutiérrez.

Agradezco a DIOS por darme vida, salud y sabiduría para lograr cumplir mi meta mas anhelada. A mi querida madre Genny Espinosa que con sus consejos, trabajo y sacrificio, supo cristalizar mis ideales. A la memoria de mi padre Roque Torres que en su tiempo de vida me apoyo moral y económicamente durante todo el transcurso de mis estudios. A mis abuelitos Héctor y Mercedes por su amor y apoyo incondicional. A mis hermanos Israel y Diego, que con su comprensión y cariño alientan mi deseo de superación, de igual manera a mi prima Elizabeth, a mis tíos: Nilo, Ruth, John; y amigos que con sus consejos han incentivado mi espíritu para lograr culminar mi aspiración.

Silvia Araceli Torres Espinosa





## INDICE DEL CONTENIDO

CONTENIDO	PAGINA
<b>1. RESUMEN</b> .....	1
Abstract.....	3
<b>2. INTRODUCCION</b> .....	5
Objetivo General.....	6
Objetivo Especifico.....	6
<b>3. REVISION DE LITERATURA</b> .....	7
3.1. Geología.....	7
3.2. Formaciones geológicas.....	7
3.3. Geomorfología.....	7
3.4. Topografía.....	8
3.5. Deslizamiento.....	9
3.6. Clasificación de deslizamientos.....	10
a. Caída o Desprendimiento.....	10
b. Vuelco o Desplome.....	11





c. Deslizamiento.....	11
d. Reptación.....	13
e. Flujos.....	13
3.7. Factores detonantes o desencadenantes.....	14
a. Factor Topográfico.....	14
b. Factor Geológico.....	15
c. Factor Climatológico.....	15
d. Factor Antrópico.....	15
e. Factores Externos.....	15
3.8. Suelos Residuales.....	16
3.9. Depósitos Coluviales.....	17
3.10. Meteorización.....	17
3.11. SIG y Mapa de susceptibilidad.....	17
<b>4. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>18</b>
4.1. Introducción.....	18
4.2. Materiales.....	
18	





4.2.1. De campo.....	18
4.2.2. De Oficina.....	19
4.2.3. De Laboratorio.....	20
4.3. Métodos.....	20
4.3.1 Base para obtención de datos para la caracterización de los principales deslizamientos.....	20
4.3.1.1 Metodología utilizada para determinar y describir los principales deslizamientos.....	20
4.3.1.2 Metodología utilizada para topografía y pendientes.....	21
4.3.1.2.1 Topografía.....	21
4.3.1.2.2 Topografía del área de estudio.....	22
4.3.1.2.3 Topografía de los deslizamientos.....	24
4.3.1.3 Pendientes.....	25
4.3.2 Metodología utilizada para la obtención de geología local y puntual.....	27
4.3.2.1 Metodología utilizada para el análisis de litología.....	27
4.3.2.2 Muestreo y análisis de suelos.....	28
4.3.2.3 Análisis mineralógico de las muestras.....	29





4.3.3	Metodología utilizada para el análisis de precipitaciones.....	30
4.3.4	Metodología utilizada para el análisis de vegetación y tipo de suelo.....	31
4.3.5	Metodología utilizada para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.....	32
4.3.5.1	Índice de susceptibilidad.....	32
4.3.5.2	Definición y asignación de categorías de susceptibilidad.....	33
4.3.5.3	Definición y asignación de zonas susceptibles a deslizamientos.....	34
4.3.6	Metodología para el desarrollo de cada objetivo planteado.....	34
4.3.6.1	Objetivo Especifico 1.....	34
4.3.6.1.1	De campo.....	34
4.3.6.1.2	De oficina.....	35
4.3.6.2	Objetivo Especifico 2.....	36
4.3.6.2.1	De campo.....	36
4.3.6.2.2	De oficina.....	36





4.3.6.3	Objetivo Especifico 3.....	37
4.3.6.3.1	De campo.....	37
4.3.6.3.2	De oficina.....	38
4.3.6.4	Objetivo Especifico 4.....	38
4.3.6.4.1	De campo.....	38
4.3.6.4.2	De oficina.....	39
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
5.1.	Descripción del área de estudio.....	40
5.1.1.	Ubicación Administrativa.....	40
5.1.2.	Localización geográfica.....	41
5.1.3.	Accesos.....	42
5.1.4.	Topografía.....	43
5.1.5.	Pendientes.....	44
5.1.6.	Geología.....	44
5.1.6.1.	Geología Regional.....	45
5.1.6.2.	Geología Estructural.....	47





5.1.6.3. Geología Local.....	48
5.1.7. Clima e Hidrología.....	73
5.1.7.1. Clima.....	73
5.1.7.1.1. Isoyetas.....	73
5.1.7.1.2. Isotermas.....	74
5.1.7.2. Hidrología.....	74
5.1.8. Cobertura Vegetal.....	75
5.1.9. Áreas protegidas y de interés ambiental.....	82
5.2. Caracterización de los principales deslizamientos en el área de estudio.....	84
5.2.1. Descripción del Deslizamiento 1.....	84
5.2.1.1. Características.....	84
5.2.1.2. Topografía.....	86
5.2.1.3. Geología Local.....	86
5.2.1.4. Cobertura Vegetal.....	90
5.2.1.5. Análisis de suelos.....	90
5.2.1.6. Mineralización.....	91





5.2.2. Descripción del deslizamiento 2.....	93
5.2.2.1. Características.....	93
5.2.2.2. Topografía.....	95
5.2.2.3. Geología Local.....	96
5.2.2.4. Cobertura Vegetal.....	99
5.2.2.5. Análisis de suelos.....	99
5.2.2.6. Mineralización.....	100
5.2.3. Descripción del deslizamiento 3.....	101
5.2.3.1. Características.....	101
5.2.3.2. Topografía.....	104
5.2.3.3. Geología Local.....	104
5.2.3.4. Cobertura Vegetal.....	107
5.2.3.5. Análisis de suelos.....	107
5.2.3.6. Mineralización.....	108
5.3. Posibles Factores Detonantes, Desencadenantes o Gatillo.....	110
5.4. Susceptibilidad a Deslizamientos.....	112





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

<b>6. DISCUSION.....</b>	<b>115</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>120</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>122</b>





## INDICE DEL TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>PAGINA</b>
<b>Tabla 1.</b>	Coordenadas UTM límite del área de estudio (Esc 1:25000).....	22
<b>Tabla 2.</b>	Coordenadas UTM del inicio y del final del área de estudio (Esc 1:2000).....	23
<b>Tabla 3.</b>	Cantidad de puntos levantados con la estación total en cada deslizamiento.....	25
<b>Tabla 4.</b>	Clasificación de las pendientes, pesos y porcentajes.....	26
<b>Tabla 5.</b>	Litología y pesos.....	27
<b>Tabla 6.</b>	Precipitaciones y pesos.....	31
<b>Tabla 7.</b>	Temperaturas y pesos.....	31
<b>Tabla 8.</b>	Cobertura vegetal y pesos.....	31
<b>Tabla 9.</b>	Descripción de las Zonas susceptibles a deslizamientos y pesos.....	34
<b>Tabla 10.</b>	Aspectos Físicos del Cantón Saraguro.....	40
<b>Tabla 11.</b>	Áreas de cobertura vegetal.....	75
<b>Tabla 12.</b>	Zonas Susceptibles y porcentajes.....	113



## INDICE DEL FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Fig.1.</b> Caída o Desprendimiento.....	11
<b>Fig.2.</b> Vuelco o Desplome.....	11
<b>Fig.3.</b> Deslizamiento.....	12
<b>Fig.4.</b> Deslizamiento Rotacional.....	12
<b>Fig.5.</b> Deslizamiento Traslacional.....	13
<b>Fig.6.</b> Reptación.....	13
<b>Fig.7.</b> Flujos.....	14
<b>Fig.8.</b> Localización Geográfica del área de estudio.....	42
<b>Fig.9.</b> Litología del Afloramiento 1.....	51
<b>Fig.10.</b> Litología del Afloramiento 2.....	52
<b>Fig.11.</b> Litología del Afloramiento 3.....	54
<b>Fig.12.</b> Litología del Afloramiento 4.....	55
<b>Fig.13.</b> Litología del Afloramiento 5.....	57
<b>Fig.14.</b> Litología del Afloramiento 6.....	58
<b>Fig.15.</b> Litología del Afloramiento 7.....	60





<b>Fig.16.</b> Litología del Afloramiento 8.....	62
<b>Fig.17.</b> Litología del Afloramiento 9.....	63
<b>Fig.18.</b> Litología del Afloramiento 10.....	65
<b>Fig.19.</b> Litología del Afloramiento 11.....	66
<b>Fig.20.</b> Litología del Afloramiento 12.....	68
<b>Fig.21.</b> Litología del Afloramiento 13.....	70
<b>Fig.22.</b> Litología del Afloramiento 14.....	72
<b>Fig.23.</b> Área de interés ambiental, Reserva de Biósfera.....	83
<b>Fig.24.</b> Litología del Deslizamiento 1.....	88
<b>Fig.25.</b> Litología del Deslizamiento 2.....	97
<b>Fig. 26.</b> Litología del Deslizamiento 3.....	106
<b>Fig.27.</b> Porcentajes de Susceptibilidad en el área de estudio.....	114





## INDICE DE FOTOGRAFIAS

<b>FOTOGRAFIA</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Fotografía 1.</b> Inicio, entrada a la comunidad "Quebrahonda".....	23
<b>Fotografía 2.</b> Final, entrada a la comunidad "Las Lagunas".....	23
<b>Fotografía 3.</b> Afloramiento 1.....	50
<b>Fotografía 4.</b> Afloramiento 2.....	52
<b>Fotografía 5.</b> Afloramiento 3.....	53
<b>Fotografía 6.</b> Afloramiento 4.....	55
<b>Fotografía 7.</b> Afloramiento 5.....	56
<b>Fotografía 8.</b> Afloramiento 6.....	58
<b>Fotografía 9.</b> Afloramiento 7.....	60
<b>Fotografía 10.</b> Afloramiento 8.....	61
<b>Fotografía 11.</b> Afloramiento 9.....	63
<b>Fotografía 12.</b> Afloramiento 10.....	64
<b>Fotografía 13.</b> Afloramiento 11.....	66
<b>Fotografía 14.</b> Afloramiento 12.....	68
<b>Fotografía 15.</b> Afloramiento 13.....	70





<b>Fotografía 16.</b> Afloramiento 14.....	72
<b>Fotografía 17.</b> Bosque muy denso (Bmd).....	76
<b>Fotografía 18.</b> Plantaciones de eucalipto (Pe).....	77
<b>Fotografía 19.</b> Plantaciones de pino (Pp).....	78
<b>Fotografía 20.</b> Matorral denso alto (Mda).....	79
<b>Fotografía 21.</b> Matorral denso bajo (Mdb).....	79
<b>Fotografía 22.</b> Asociación pastizal/cultivo (Apzc).....	80
<b>Fotografía 23.</b> Asociación poblados/cultivo (Apbc).....	80
<b>Fotografía 24.</b> Viviendas (V).....	81
<b>Fotografía 25.</b> Pasto natural (pn).....	82
<b>Fotografía 26.</b> Deslizamiento 1.....	84
<b>Fotografía 27.</b> Calicata del deslizamiento 1.....	88
<b>Fotografía 28.</b> Nivel de Agua en el deslizamiento 1.....	89
<b>Fotografía 29.</b> Muestras de suelo tomadas en el escarpe del deslizamiento1.....	93
<b>Fotografía 30.</b> Deslizamiento 2.....	94
<b>Fotografía 31.</b> Calicata del deslizamiento 2.....	96
<b>Fotografía 32.</b> Nivel de agua en el deslizamiento 2.....	98





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

<b>Fotografía 33.</b>	Muestras de suelo tomadas en el pie del deslizamiento2.....	101
<b>Fotografía 34.</b>	Deslizamiento 3.....	102
<b>Fotografía 35.</b>	Calicata del deslizamiento 3.....	106
<b>Fotografía 36.</b>	Muestras de suelo del deslizamiento 3.....	109





## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>Anexo 1.</b> Ficha Técnica para realizar Levantamiento Geológico.....	123
<b>Anexo 2.</b> Ficha Técnica para Caracterizar Movimientos en Masa.....	124
<b>Anexo 3.</b> Códigos utilizados en la estación total.....	125
<b>Anexo 4.</b> Puntos tomados con la estación total en cada deslizamiento.....	126
<b>Anexo 5.</b> Capas creadas en AutoCad.....	128
<b>Anexo 6.</b> Shapes creados en ArcView 3.2. y ArcGis 9.2.....	129
<b>Anexo 7.</b> Análisis de suelos realizados es cada deslizamiento.....	130
<b>Anexo 8.</b> Mapas.....	131
<b>Anexo 9.</b> Fotografías aéreas.....	132





## **INDICE DE MAPAS**

### **MAPA**

**Mapa 1.** Mapa Topográfico

**Mapa 2.** Mapa de Pendientes

**Mapa 3.** Mapa de Geología Regional

**Mapa 4.** Mapa de Geología Local

**Mapa 5.** Mapa de Isoyetas

**Mapa 6.** Mapa de Isotermas

**Mapa 7.** Mapa de Cobertura Vegetal

**Mapa 8.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 1

**Mapa 9.** Mapa de Geología Local del Deslizamiento 1

**Mapa 10.** Mapa de Cobertura Vegetal del Deslizamiento 1

**Mapa 11.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 2

**Mapa 12.** Mapa de Geología Local del Deslizamiento 2

**Mapa 13.** Mapa de Cobertura Vegetal del Deslizamiento 2

**Mapa 14.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 3

**Mapa 15.** Mapa de Geología Local del Deslizamiento 3



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

**Mapa 16.** Mapa de Cobertura Vegetal del Deslizamiento 3

**Mapa 17.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 4

**Mapa 18.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 5

**Mapa 19.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 6

**Mapa 20.** Mapa Topográfico del Deslizamiento 7

**Mapa 21.** Mapa de Ubicación de los Deslizamientos

**Mapa 22.** Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos.





## 5. RESUMEN

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó un reconocimiento visual en el tramo de estudio comprendido desde la entrada de la comunidad Quebrahonda hasta la comunidad las Lagunas en la vía Loja-Saraguro, el cual permitió ubicar e identificar siete deslizamientos existentes dentro del tramo anteriormente mencionado, considerando así como principales a tres deslizamientos para el estudio y caracterización de cada uno.

Los deslizamientos que han sido tomados como principales son los que están afectando directamente a la vía, es decir, aquellos que están atravesándola y tienen mayor área o magnitud.

Para la caracterización o descripción de estos deslizamientos se realizó un levantamiento topográfico, geológico y de cobertura vegetal, así como también análisis de muestras de suelo tomadas en el escarpe del deslizamiento 1, en el pie del deslizamiento 2 y en el lado izquierdo del deslizamiento 3, estas muestras se enviaron al laboratorio para determinar la composición granulométrica, cohesión, contenido de humedad, ángulo de reposo natural y tipo de suelo que componen cada uno de los movimientos.

Además se realizó la investigación de la información de las precipitaciones y temperatura del lugar en el CINFA perteneciente a la Universidad Nacional de Loja en el Proyecto de la Mancomunidad de la Cuenca del Rio Jubones, para la realización de los Mapas de Isoyetas e Isotermas respectivamente.





El mapa base del área de estudio se lo obtuvo mediante la digitalización de cuatro cartas topográficas pertenecientes a Saraguro, Sauce, Las Juntas y San Lucas a escala 1:25000 con una área de 3094.74 Hectáreas en las que se incluye el tramo de estudio en la vía Loja- Saraguro desde la entrada a la comunidad Quebrahonda cuyas coordenadas son X: 691247, Y: 9595430, Z: 2900; y la entrada a la comunidad las Lagunas cuyas coordenadas son X: 695610, Y: 9599001, Z: 2600.

Mientras que, para obtener el mapa base de los deslizamientos principales se realizó el levantamiento topográfico, geológico y de cobertura vegetal in-situ, de los cuales se obtendría los diferentes mapas a escala 1:2000. Esto se realizó en base a la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG), es decir con la ayuda de los software ARCVIEW 3.2 y ARCGIS 9.2.

Finalmente, con la sobreposición de las bases digitales de los mapas de Pendientes, Geológico, de Cobertura Vegetal, Isoyetas e Isotermas, se construyó el mapa de susceptibilidad de deslizamientos del lugar.

Con el mapa de susceptibilidad se logró ubicar 4 zonas de susceptibilidad, las cuales son: Estable, Poco susceptible, Susceptible y Muy Susceptible.

Toda la información obtenida mediante la elaboración del proyecto servirá como base de información para conocer las características a detalle de cada uno de los deslizamientos encontrados dentro de la vía Panamericana Loja-Saraguro desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la entrada a la comunidad Las Lagunas.



## ABSTRACT

For the development of this project was a recognition in the visual section of the study included input from community to community Quebrahonda gaps in the road Loja-Saraguro, which allowed us to locate and identify existing seven landslides in the section above mentioned, and considering three major landslides in the study and characterization of each.

Landslides that have been taken are the most directly affecting the way, those who are going through and have a greater area or magnitude.

For characterization or description of these slides was a survey, geology and vegetation, as well as analysis of soil samples taken in the escarpment of the slide 1 at the foot of the slide 2 and the left side of the slide 3 These samples were sent to the laboratory to determine the size, cohesion, moisture content, angle of repose and natural soil types that make up each of the movements.

Also carried out the research of information on rainfall and temperature in the CINFA belonging to the National University of Loja in the Project of the Association of the River Jubones to perform isohyet maps and isotherms respectively

The base map of the study area was obtained by the digitization of topographic four cards belonging to Saraguro, Willow, and San Lucas Boards 1:25000 scale with an area of 3094.74 hectares which includes the section of the study Loja Saraguro-way from the entrance to the community Quebrahonda coordinates X: 691247, Y: 9595430 Z: 2900, and the entrance to the Lagoon coordinates X: 695610, Y: 9599001 Z: 2600.



While, for the base map of major landslides was surveying, geological and vegetation cover in-situ, which would result from the different maps at 1:2000. This was done based on the use of Geographic Information Systems (GIS), using the software ArcView 3.2 and ArcGIS 9.2.

Finally, the overlapping of digital maps of slope, geology, the vegetation cover, and isohyet isotherms were constructed landslide susceptibility map of the site.

With the susceptibility map was located 4 zones of susceptibility, which are stable, little susceptible, susceptible and highly susceptible.

All information obtained through the development of the project will serve as the basis of information to know in detail the characteristics of each of the slides found in the Pan-American Loja-Saraguro from the entrance to the community Quebrahonda to the entrance to the Las Lagunas.





## 6. INTRODUCCION

Dentro de la variedad de amenazas que existen en nuestro país están los deslizamientos, los cuales han sido causantes de pérdidas económicas, de viviendas, cultivos, etc.; esto hace común encontrar obstruidas las vías y caminos a causa del desprendimiento de materiales de las laderas.

La vía Loja-Saraguro, ubicada en la provincia de Loja-Ecuador, es la red vial más importante que une la región austral con el resto del país, ya que es utilizada para realizar actividades comerciales, agrícolas, de intercambio cultural y turístico con la provincia del Azuay.

El estudio detallado y análisis de deslizamientos es una herramienta fundamental para prevenir posibles catástrofes que afectarían directamente a la vía Loja – Saraguro, desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la comunidad Las Lagunas y a las poblaciones aledañas; razón por la cual es importante la realización de este estudio porque nos permite conocer y describir las características topográficas, geológicas, mineralógicas y de cobertura vegetal de los tres deslizamientos encontrados.

Se espera que el presente proyecto sirva de pauta para las futuras generaciones de geólogos ambientales y ordenadores territoriales como material de consulta en lo que se refiere a la caracterización de los principales deslizamientos y a la construcción de un mapa de susceptibilidad.

Además de ello mediante este trabajo se pretende beneficiar al lugar donde se realizó el estudio y a la sociedad en general, ya que, es un problema de interés público.





De ahí que es de vital importancia realizar estudios de la vía para contar con un inventario, determinar las posibles causas, describir y zonificar los sectores de mayor peligrosidad o susceptibilidad a deslizamientos. Por tal razón se planteó el desarrollo y cumplimiento de los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

- Caracterizar los principales deslizamientos existentes en la vía Loja- Saraguro, desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas"

### **Objetivos Específicos**

- Elaborar mapas topográfico y geológico de los principales deslizamientos que existen desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".
- Identificar y ubicar los principales deslizamientos existentes en la vía Loja-Saraguro, desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas"
- Establecer los posibles factores detonantes (desencadenantes o gatillo) causantes de los principales deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".
- Elaborar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".



## **7. REVISION DE LITERATURA**

### **7.1. Geología**

La Geología es la ciencia que estudia la corteza de la Tierra; su origen, su historia, su estructura, su composición, y los procesos que actúan o han actuado sobre ella.

Las ciencias auxiliares de la geología son la geofísica, edafología, geoquímica y la petrología.

### **7.2. Formaciones geológicas**

Una formación geológica es una unidad litoestratigráfica formal producida por transporte, meteorización y sedimentación a lo largo de la historia de la Tierra.

Con las formaciones se definen las características litológicas como la composición y estructura de las rocas. Las formaciones pueden agruparse, si las características litológicas así lo requieren, en grupos, y a su vez establecerse en subgrupos y supergrupos. No hay un límite de espesor para poder establecer una formación, pero se hace necesario representarlas en un mapa geológico.

### **7.3. Geomorfología**

La geomorfología, se encarga del estudio de las formas del relieve del terreno. Este término suele aplicarse a los orígenes y a la morfología dinámica (cambio de la estructura y de la forma) de la superficie terrestre.





Este viene determinado por 3 factores: la estructura geológica, los procesos de erosión y la fase evolutiva del relieve.

Según Rioduero en su texto, Pequeño Diccionario de Geología y Mineralogía dice: "La geomorfología es una rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la Tierra, describiéndolas (morfografía), ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo (morfogénesis).

La geomorfología dinámica o analítica analiza los factores endógenos y exógenos (epirogénesis, orogénesis, erosión, denudación, etc.), mientras que la sintética presenta los distintos tipos morfológicos del paisaje como resultado de la acción conjunta de las fuerzas endógenas y exógenas. En la actualidad ha cobrado especial impulso la morfología climática." <sup>1</sup>

#### **7.4. Topografía**

La topografía es una ciencia que se utiliza para realizar una representación plana y a escala de un determinado lugar de la superficie de la Tierra, a través de los mapas y cartas geográficas.

Por tal motivo, los mapas topográficos constituyen una herramienta básica dentro de los estudios geológicos, puesto que son útiles para conocer la morfología del terreno, situar localizaciones concretas, determinar altitudes, proporcionar la dirección de diversos elementos, así como orientarse en el terreno.

---

<sup>1</sup> RIODUERO; Pequeño Diccionario de Geología, p. 99.





A partir de un mapa topográfico se puede realizar la estimación de distancias entre objetos que estén contenidos en él y la extensión de dichos elementos, la cuantificación de las pendientes del relieve y la elaboración de perfiles topográficos.

Es importante destacar que los mapas topográficos son la base para elaborar cartografías temáticas como mapas geológicos, mapas de suelos, mapas de riesgos geológicos, mapas de vegetación, entre otros.

## 7.5. Deslizamiento

Estos fenómenos se definen como el movimiento rápido o lento del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca), a lo largo de una pendiente.

Los deslizamientos pueden activarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, suelos saturados por fuertes precipitaciones, deforestación, aguas subterráneas, aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera.

“Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal causa de un deslizamiento, su ocurrencia también depende de las siguientes variables:

- a. Clases de rocas y suelos
- b. Orientación de las fracturas o grietas en la tierra





- c. Cantidad de lluvia en el área
- d. Actividad sísmica
- e. Actividad Humana o Antrópica (Cortes en laderas, falta de canalización de aguas, etc.)
- f. Erosión (Por actividad humana y de la naturaleza)" <sup>2</sup>

Los deslizamientos no son iguales en todos los casos, y para poder evitarlos o mitigarlos es indispensable saber las causas y formas que los originan.

## 7.6. Clasificación de deslizamientos

“Los deslizamientos se dan en cinco clases según su mecanismo de rotura, estas clases son:

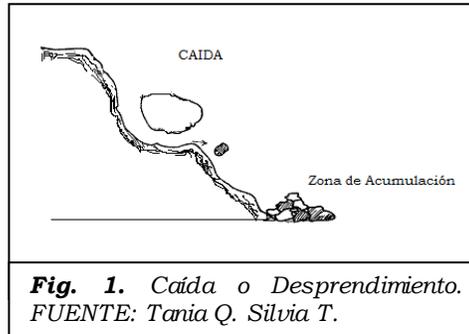
- Caída
- Vuelcos
- Deslizamientos como término concreto
- Reptación; y,
- Flujos”<sup>3</sup>.

**a. CAIDA O DESPRENDIMIENTO:** Es el movimiento de las rocas en forma rápida es el resultado de la separación de fragmentos de tamaño pequeño de una pared rocosa; la caída empieza con el desprendimiento de la roca o del suelo desde una ladera con una pendiente escarpada. (Ver Fig.1)

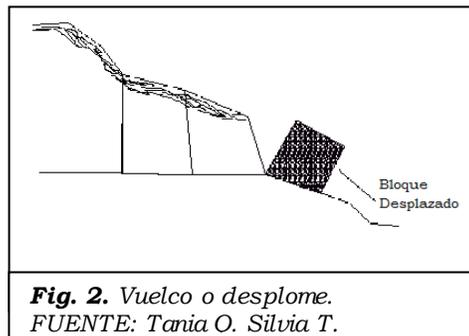
<sup>2</sup> Geología Básica [en línea]. [<http://www.snet.gov.sv/Geología/Deslizamientos/Info-basica>], [Consulta: 10 de Marzo 2009].

<sup>3</sup> SANTACANA, Nuria. “Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de SIG”. (Tesis Ing. Geóloga).

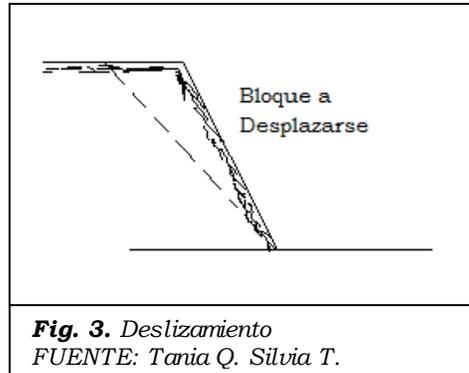




**b. VUELCO O DESPLOME:** Es la rotación que sufre una o más unidades de material con respecto a un punto bajo el centro del bloque que se ha desplazado, el volcamiento es producto de la gravedad, que esta en la superficie de deslizamiento o por presencia de agua que se encuentra dentro de las fracturas. Depende de la geometría y orientación de la masa que se mueve. (Ver Fig. 2)

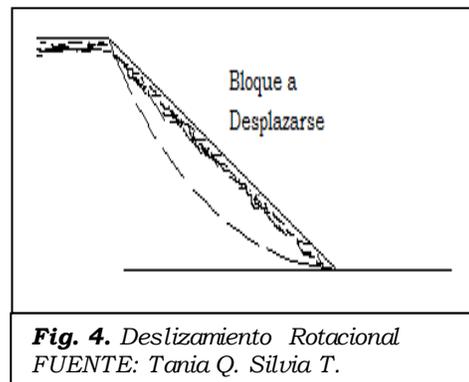


**c. DESLIZAMIENTO:** Constituye un movimiento pendiente abajo, causada probablemente por la debilidad del terreno, factores externos o la acción de una falla, a través de una superficie de rotura; la masa que se desplaza puede ser material no consolidado, suelo, roca o combinada; mientras mayor es la pendiente más frecuentes serán los deslizamientos. (Ver Fig.3)

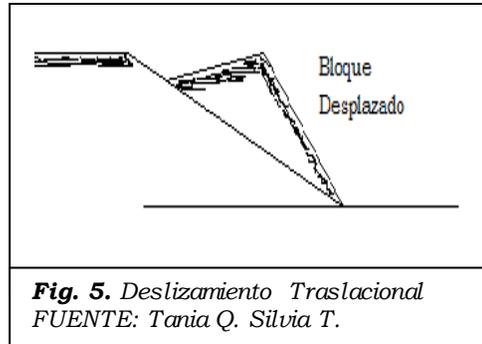


Los deslizamientos se subclasifican en dos grupos: rotacionales y traslacionales.

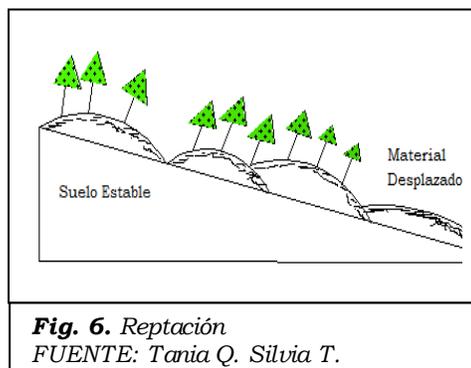
En los rotacionales, el desplazamiento es a lo largo de la depresión del terreno, es decir, su forma de rotura es cóncava. (Ver Fig.4)



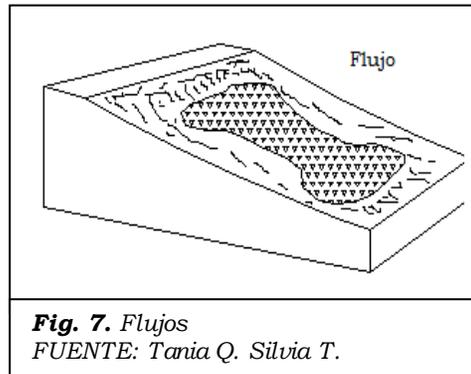
En los traslacionales, la forma de rotura es plana, es decir, los movimientos son en capas de suelo o roca a lo largo de toda la superficie del deslizamiento. (Ver Fig.5)



**d. REPTACION:** La reptación se presenta como una deformación que sufre el suelo o la roca debido a movimientos lentos por la acción de la gravedad. Cuando existe reptación en el terreno se observa la inclinación de árboles, cercas y objetos que se encontraban en posición vertical, movimiento de carreteras y apareamiento de grietas. (Ver Fig.6)



**e. FLUJOS:** Constituyen materiales no consolidado, frecuentemente se presentan cuando el nivel freático es poco profundo y con topografía moderada, suelen desplazarse a grandes distancias desde donde se originan formando un fluido viscoso. (Ver Fig.7)



Existen dos clases de flujos que son: Flujos de Tierra y Flujos de Lodo.

Los Flujos de Tierra, son generalmente lentos y arrastran la capa superficial del suelo conocida como capa vegetal.

Los Flujos de Lodo, se forman cuando hay presencia de agua y forman una mezcla con el suelo y la vegetación.

## 7.7. Factores detonantes o desencadenantes

Existen numerosos factores que simultáneamente podrían contribuir para que se produzca un deslizamiento, entre ellos los más importantes son cinco, como son el factor topográfico, el factor geológico, el factor climático, el factor antrópico y los factores externos.

**a. Factor topográfico**, que constituye la geometría o pendientes del terreno tienen gran influencia para que se dé el movimiento del suelo o de la roca, ya que, si las pendientes son pronunciadas tienen más probabilidad a que ocurra una de las diferentes clases de deslizamientos.



- b. Factor geológico**, constituye la conformación del suelo y de la roca que están presentes en un terreno, esta composición es importante ya que si la litología, las propiedades físico mecánicas de la rocas, y la estructura de estos son favorables, contribuirán para que exista un deslizamiento.
- c. Factor climatológico**, este factor es muy importante, dentro de este podemos referirnos a las precipitaciones, temperatura y humedad, debido a que contribuyen con la generación o la aceleración para que el material se desplace, ya que el agua actúa como peso, presión o lubricante en el terreno reduciendo así la resistencia de este.
- d. Factor antrópico**, al hablar de este factor se hace referencia a la presencia e intervención del ser humano, ya que alteran el equilibrio del terreno, esto a través de la construcción de obras de infraestructura como viviendas, tanques o vías, los cuales ejercen presión y peso o carga, de esta manera contribuyendo con la inestabilidad del terreno.
- e. Factores externos**, actúan directamente sobre el suelo o la roca modificando sus condiciones iniciales, como factores externos se consideran a las vibraciones y a la infiltración de agua en el terreno. Las vibraciones aportan con la rotura, mientras que la infiltración del agua aumenta la presión y disminuye la resistencia del suelo.



## 7.8. Suelos Residuales

Los suelos residuales resultan de la meteorización de la roca madre, este tipo de suelos no han sufrido transporte alguno y presentan huellas de la roca originaria. "Se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos, si no que se acumula en el sitio en el que se van formando.

Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de la descomposición se produce una acumulación de suelo residual. Entre los factores que influyen en la velocidad de alteración de la naturaleza de los productos de la meteorización están el clima (temperatura y lluvia), la naturaleza de la roca original, el drenaje y la actividad bacteriana.

El perfil de un suelo residual puede dividirse en tres zonas:

- a. La zona superior, en la que existe un elevado grado de meteorización, pero también cierto arrastre de material;
- b. La zona intermedia en cuya parte superior existe una cierta meteorización, pero también cierto grado de deposición hacia la parte inferior de la misma; y,
- c. La zona parcialmente meteorizada que sirve de transición del suelo residual a la roca original."<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> WIKIPEDIA [en línea]. Diccionario [<http://www.eswikipedia.org>], [Consulta: 11 de Abril 2009].



## 7.9. Depósitos Coluviales

Los depósitos coluviales se forman en las bases de las laderas, estos son llevados o transportados por la gravedad, es decir, es el movimiento del material desgredado o no consolidado.

Estos depósitos presentan características propias, resultan de la meteorización y el intemperismo, están mezclados clastos angulares y matriz arcillosa, no presentan estratificación, son permeables, porosos y compresibles.

## 7.10. Meteorización

En geología, es el proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos en o cerca de la superficie de la Tierra.

La meteorización física rompe las rocas sin alterar su composición y la meteorización química descompone las rocas alterando lentamente los minerales que las integran. Ambos procesos se desarrollan conjuntamente y producen desechos que se transportan mecánicamente o en solución como es el caso de la erosión.

## 7.11. SIG y Mapa de susceptibilidad

Un SIG está compuesto por un conjunto de mapas de un lugar específico, lo cual permite realizar un análisis de las características espaciales y temáticas de dicho sector. Un SIG es una herramienta que se aplica para realizar el análisis y la cartografía de la susceptibilidad a deslizamientos de una zona.





Susceptibilidad es la probabilidad de la ocurrencia de un deslizamiento de tierra potencialmente dañino en una determinada área.

El mapa de susceptibilidad es un mapa temático el cual proporciona datos de las zonas que son más propensas y en las que hay mayor probabilidad que ocurran deslizamientos, se lo puede dividir en zonas de muy baja, baja, moderada, alta y muy alta susceptibilidad.

## **8. MATERIALES Y METODOS**

### **8.1. Introducción**

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó diferentes materiales, tanto para el trabajo que se realizo en el campo como para el que se desarrollo en la oficina, así mismo se aplico diferentes métodos para todas las etapas de avance del estudio.

### **8.2. Materiales**

#### **8.2.1. De campo**

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Libreta de Campo
- Lápiz, Borrador, Pinturas.
- Graduador
- Escalímetro
- Estación Total Trimble 5000



- Prisma
- Baterías y cables de estación
- Brújula azimutal
- Martillo Geológico
- Mapas de Campo
- Flexómetro
- Cámara fotográfica
- Formatos o fichas para levantamiento geológico "Descripción de afloramientos" y caracterización de los deslizamientos.
- Fundas plásticas para recolección de muestras
- Sacos para recolección de muestras

### **8.2.2. De Oficina**

- Carta Geológica de Saraguro, escala 1:100.000
- Fotografías Aéreas (Imagen Lansat) de Saraguro a escala 1:60000.
- Estereoscopio
- Programas de Aplicación Informática como: AutoCad, ArcView 3.2 y ArcGis 9.2
- Computadora
- Textos de Consulta
- Internet





### **8.2.3. De Laboratorio**

- Horno
- Porta Objetos (Luna de reloj)
- Machacadora
- Platonos
- Microscopio petrográfico
- Acido Sulfúrico
- Agua común
- Imán

### **8.3. Métodos**

#### **8.3.1. Base para obtención de datos para la caracterización de principales deslizamientos**

##### **4.3.1.1 Metodología utilizada para determinar y describir los principales deslizamientos**

Para determinar los deslizamientos como principales, se ha creído conveniente hacer el estudio a aquellos deslizamientos que están afectando directamente a la vía, es decir, los que la atraviesan y tienen una gran magnitud.

Para identificar los principales deslizamientos se procedió a hacer un recorrido en la vía Loja – Saraguro, tramo comprendido desde la entrada a la comunidad “Quebrahonda” hasta la entrada a la comunidad “Las Lagunas”, para de esta manera determinar de forma visual las zonas en las que existían deslizamientos, los cuales se encuentran afectando directamente a la vía; con este recorrido se identificaron siete deslizamientos de los cuales tres fueron tomados como principales.





Para caracterizar a los principales deslizamientos identificados en la vía, se describió las características de cada uno de los deslizamientos; además se realizó un levantamiento topográfico, después se prosiguió con el levantamiento geológico el cual consistió en hacer calicatas para describir los sustratos geológicos utilizando las Fichas Técnicas para Levantamiento Geológico (*Ver Anexo 1.*) y Caracterización de los Movimientos en Masa (*Ver Anexo 2.*), proporcionadas por la Universidad Nacional de Loja.

Además se realizó el levantamiento de la cobertura vegetal y se recolectó muestras de suelo para realizar dos tipos de análisis, el primero, el de suelo para determinar el tipo de suelo, contenido de humedad y ángulo de reposo natural; y el segundo, el análisis mineralógico para encontrar los diferentes minerales que están componiendo el suelo de cada deslizamientos, cada uno de los cuales se los detallará más adelante.

De esta manera se describió o caracterizó a detalle a cada deslizamiento principal identificado dentro del tramo de estudio.

#### **4.3.1.2 Metodología utilizada para topografía y pendientes**

##### **4.3.1.2.1 Topografía**

En general la topografía se la realizó con la utilización del GPS, flexómetro, prismas y estación total; la base topográfica es el punto de partida del trabajo de campo que se realizó. A la topografía la hemos dividido en dos fases.





La primera fase, es la digitalización de las cartas topográficas del área de estudio. Y la segunda fase consiste en el levantamiento topográfico de cada deslizamiento identificado como principal.

#### 4.3.1.2 Topografía del área de estudio

La topografía del área de estudio está basada en la digitalización de cuatro cartas topográficas a escala 1:25000, las cuales son:

- Carta Topográfica de Saraguro
- Carta Topográfica de Sauce
- Carta Topográfica de San Lucas, y,
- Carta Topográfica de Las Juntas.

Todas las cartas están en coordenadas UTM, en el sistema geográfico PSAD 56; las curvas de nivel principales están separadas cada 100 metros y las curvas secundarias cada 20 metros.

El límite del área de estudio está comprendido en las siguientes coordenadas:

Descripción	Coordenada en X	Coordenada en Y
Punto 1	690646	9599301
Punto 2	696443	9599301
Punto 3	696443	9593965
Punto 4	690646	9593695

**Tabla 1.** Coordenadas UTM límite del área de estudio (Esc 1:25000).  
FUENTE: Tania Q. Silvia T.





Para identificar el tramo de estudio, el inicio (Ver *Fotografía 1*) y el final (Ver *Fotografía 2*) están comprendidos entre las siguientes coordenadas:

Descripción	Coordenada en X	Coordenada en Y	Altura Z
<i>Inicio</i> Entrada a la Comunidad "Quebrahonda"	691247	9595430	2900
<i>Final</i> Entrada a la Comunidad "Las Lagunas"	695610	9599001	2600

**Tabla 2.** Coordenadas UTM del inicio y del final del área de estudio (Esc 1:2000).  
FUENTE: Tania Q. Silvia T.



**Fotografía 1.** Início, entrada a la Comunidad "Quebrahonda".  
Coordenadas X:691247, Y: 9595430, Z: 2900



**Fotografía 2.** Final, entrada a la Comunidad "Las Lagunas"





Coordenadas X:695610, Y: 9599001, Z: 2600

#### **4.3.1.2.3 Topografía de los deslizamientos**

La topografía de cada deslizamiento es a detalle a una escala de 1:2000, las curvas principales de cada uno se encuentran cada cinco metros, mientras que las curvas secundarias se encuentran con intervalos de separación de un metro la una de la otra, y, el procedimiento fue igual en los tres deslizamientos encontrados. El procedimiento para realizar el levantamiento topográfico fue:

El primer paso fue la ubicación de la estación en el punto "A", las coordenadas UTM del cual fueron tomadas con la ayuda del GPS, después se ubicó el punto "B", con el cual se corrigen las coordenadas anteriormente tomadas y nos da coordenadas corregidas que en nuestro proyecto lo llamaremos "B1", luego de realizar este proceso se prosigue a encerar y a geo-referenciar la estación. (*Ver Anexo 3 para conocer los códigos utilizados y Anexo 4 para conocer las coordenadas UTM de los puntos tomados con la estación total Trimble*).

Luego de haber corregido el error se procede a tomar diferentes los puntos con la ayuda de los prismas, cada punto con característica diferente que se





tome, tendrán distinto código dentro de la estación; los puntos tomados servirán para generar curvas de nivel.

Para cada deslizamiento se tomo diferente cantidad de puntos, los cuales se detallas a continuación:

<b>Deslizamiento</b>	<b>Número de puntos</b>
Deslizamiento 1	209
Deslizamiento 2	130
Deslizamiento 3	120

**Tabla 3.** Cantidad de puntos levantados con la estación total en cada deslizamiento. FUENTE: Tania Q. Silvia T.

Después de haber concluido el trabajo de campo se descargan los datos en la computadora través del software Geodimeter, para luego en forma de puntos ser pasados al software Fore Sight para generar curvas de nivel, el cual después de esto, la información es exportada al programa AutoCad para editar el dibujo mediante la creación de capas (*Ver Anexo 5. Tabla. Capas creadas en AutoCad*), guardándolo con la extensión DXF, la cual nos permite abrir este archivo en el ArcView o ArcGis.

#### **4.3.1.3 Pendientes**

Al hablar de las pendientes nos referimos al grado o porcentaje de inclinación que tienen las laderas, los cuales tendrán una participación directa al momento de encontrar las zonas con mayor o menor susceptibilidad a deslizamientos, ya que a mayor pendiente mayor es





la probabilidad de que se produzcan los deslizamientos y a menor pendiente menor posibilidad de ocurrencia de un movimiento.

El mapa de pendientes se creó con la base digital topográfica, obtenida mediante la digitalización de las cartas anteriormente mencionadas, la cual se desarrollo en el software ArcView 3.2. (Ver Anexo 6, *Shape creados*). El mapa de pendientes está dividido en cuatro zonas, las cuales tiene asignado un peso de manera individual.

Para clasificar las pendientes en cuatro clases, primero se activa las extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst, y luego se usa Reclassify, luego se parte del tema curvas, luego generamos un tema (theme) TIN que es el encargado de modelar el terreno en tres dimensiones, yendo a Surface en Create TIN..., luego convertimos este tema resultante en GRID, y regresamos a Surface-Derive Slope-same as View, para luego ir a Analysis-Reclassify, procediendo a clasificar en cuatro clases de pendientes, baja, moderada, alta y muy alta.

La clasificación de las pendientes basándose en los pesos se los describe a continuación en la siguiente tabla:

INDICADOR	%	PESO
Baja	0-15%	1
Moderada	15-25%	2



Alta	25-55%	3
Muy alta	>55%	4

**Tabla 4.** Clasificación de las pendientes, pesos y porcentajes.  
FUENTE: Tania Q. Silvia T.

### 4.3.2 Metodología utilizada para la obtención de geología local y puntual

La metodología utilizada para el levantamiento geológico local y puntual se realizó en base a la descripción de los afloramientos existentes dentro del área de estudio con el uso de la ficha técnica para la "Descripción de Afloramientos" obtenidas en la Universidad Nacional de Loja (*Ver Anexo 1*). Constatando así, que el área de estudio regionalmente la comprende las Formaciones Tarqui y Saraguro, mientras que el tramo de la vía en estudio está en su totalidad dentro de la Formación Saraguro.

Para la descripción a detalle de la geología local de los 3 deslizamientos encontrados se realizó calicatas, ya que en dichos deslizamientos los contactos entre los estratos no eran visibles.

#### 4.3.2.1 Metodología utilizada para el análisis de litología

Para el análisis de litología del área de estudio consistió en realizar el levantamiento geológico para determinar las características litológicas del terreno y luego elaborar un Mapa Geológico con la asignación del peso respectivo de acuerdo a la siguiente tabla:

INDICADOR	PESO
Conglomerado	1
Rocas volcánicas como: Tobas; Ignimbritas	2



Suelos Residuales y Depósitos Coluviales	3
Arcillas, Caolín.	4

**Tabla 5.** Litología y pesos. FUENTE: Tania Q. Silvia T.

Para el análisis litológico de cada uno de los deslizamientos considerados como principales se procedió a realizar calicatas ya que los deslizamientos no presentan estratificación visible. Con los datos recogidos in-situ se procedió a realizar el Mapa Geológico y Cortes Geológicos de cada movimiento.

#### 4.3.2.2 Muestreo y análisis de suelos

Se realizó calicatas de 1.50 metros de profundidad por 2 metros de ancho en cada uno de los deslizamientos para la recolección de muestras de suelo, que luego fueron enviadas al laboratorio PROYECONSUL para ser analizadas y obtener el resultado de:

- La clasificación de los suelos según la AASHTO y según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.).
- Granulometría,
- Humedad
- Limite líquido
- Limite plástico
- Índice de plasticidad
- Ángulo de reposo natural



- Cohesión, y
- Compresión inconfiada.

Así como, también se tomaron muestras significativas para el análisis mineralógico y petrográfico.

#### **4.3.2.3 Análisis mineralógico de las muestras**

El análisis mineralógico y petrográfico se lo realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Loja de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

Para el análisis mineralógico se realiza el siguiente procedimiento:

- Se coloca el recipiente con la muestra de roca en el horno
- Se pulveriza parte de la muestra
- Se coloca la muestra obtenida en un platón y se lava el material hasta que el agua mantenga su transparencia, esto se lo hace utilizando agua común.
- Se coloca la muestra en un porta objetos (luna de reloj) para su posterior secado en el horno.



- Luego con la ayuda del microscopio se analiza los minerales existentes en la muestra pulverizada.

Para el análisis petrográfico se realiza el siguiente proceso:

- Se toma una muestra de roca representativa para su posterior secado en el horno.
- Luego a través del microscopio se observa las características que tiene cada uno los minerales presentes en la muestra para lograr su identificación correspondiente.

#### **4.3.3 Metodología utilizada para el análisis de precipitaciones y temperaturas.**

El análisis de precipitaciones y temperaturas se realizó en base a la información meteorológica concerniente al **Proyecto Privado de la Mancomunidad de la Cuenca del Rio Jubones**, estudio que se basó en la recolección de datos promedio de precipitaciones y temperaturas ocurridos durante los últimos diez años, esta información fue proporcionada por el CINFA perteneciente a la Universidad Nacional de Loja; datos que sirvieron para la elaboración de los Mapas de Isoyetas e Isotermas; asignando valores numéricos (pesos) a cada unidad espacial. (Ver tabla 6 y 7)



INDICADOR (mmH <sub>2</sub> O)	PESO
800	2
850	3
900	4

**Tabla 6.** Precipitaciones y pesos. FUENTE: CINFA, Proyecto de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Jubones

INDICADOR (° C)	PESO
10 - 12	3
12 - 14	4

**Tabla 7.** Temperaturas y pesos. FUENTE: CINFA Proyecto de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Jubones

#### 4.3.4 Metodología utilizada para el análisis de vegetación

El análisis de vegetación regional se basó en datos proporcionados por el CINFA de la Universidad Nacional de Loja. Mientras que para el análisis de vegetación local (tramo de estudio) se realizó en base al levantamiento de vegetación en el sitio, para posteriormente realizar el Mapa de Cobertura Vegetal con la asignación de valores correspondientes de acuerdo a la siguiente tabla. (Ver Tabla 8).

INDICADOR	PESO
Bosque muy denso, Plantaciones de pino, Plantaciones de Eucalipto	1
Complejo Cultivo - Pastizal	2
Complejo Matorral, Matorral-Pastizal	3



Complejo Pastizales - Matorral
--------------------------------

4
---

**Tabla 8.** Cobertura vegetal y pesos. FUENTE: CINFA

*Proyecto de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Jubones*

#### 4.3.5 Metodología utilizada para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

La metodología para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos fue realizada en base a la teoría establecida por De Graff y Rones Burg (1989), para lo cual se tomó las características geológicas del terreno, pendientes, cobertura vegetal, precipitación y temperatura, cuyas unidades pueden ayudar a la estabilidad o desestabilidad del terreno.

Este procedimiento se realizó mediante la aplicación de los diferentes software de Sistema de Información Geográfica (SIG) que son: ArcView 3.2 y ArcGis 9.2, en donde se realizó la sobreposición de mapas temáticos como: Geología, Cobertura Vegetal, Pendientes, Isoyetas e Isotermas; y a cada uno de ellos le correspondió un peso que en la sumatoria de todas estas variables definieron los rangos de susceptibilidad.

##### 4.3.5.1 Índice de susceptibilidad

El índice de susceptibilidad a deslizamientos se realizó en base a la expresión establecida por De Graff y Rones Buró.

Cuya expresión es:





$$S = P + L + V + Pr + T$$

Donde:

**S** = Susceptibilidad

**P** = Valor de la variable de la pendiente

**L** = Valor de la variable de litología

**V** = Valor de la variable de vegetación o cobertura vegetal

**Pr** = Valor de la variable de precipitación

**T** = Valor de la variable de temperatura

#### 4.3.5.2 Definición y asignación de categorías de susceptibilidad

Se asignó valores numéricos a cada una de las variables utilizadas para el análisis de susceptibilidad, las cuales se establecieron en cuatro categorías detalladas a continuación:

**Peso 1:** Son las condiciones menos favorables para que se produzcan los deslizamientos.

**Peso 2:** En esta categoría las posibilidades de susceptibilidad a deslizamientos van aumentando.

**Peso 3:** Aquí las condiciones son más severas y susceptibles a deslizamientos.

**Peso 4:** Este valor se asigna cuando las condiciones del terreno se presentan muy severas haciendo que las áreas



enmarcadas en esta categoría sean muy susceptibles a deslizamientos.

#### 4.3.5.3 Definición y Asignación de zonas susceptibles a deslizamientos

Mediante la sumatoria de pesos de las diferentes variables mapeadas, se obtuvieron cuatro zonas de susceptibilidad:

ZONAS	INDICADOR	PESO
Zona 1	Estable	8-11
Zona 2	Poco susceptible	12-13
Zona 3	Susceptible	14-15
Zona 4	Muy Susceptible	16-19

**Tabla 9.** Descripción de las Zonas susceptibles a deslizamientos y pesos.  
FUENTE: Tania Q. Silvia T

#### 4.3.6 Metodología para el desarrollo de cada objetivo planteado

##### 4.3.6.1 Objetivo Especifico 1

- *Elaborar mapas topográfico y geológico de los principales deslizamientos que existen desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".*

##### 4.3.6.1.1 De campo

La metodología que se empleo en el campo fue, la recolección de datos e información in-situ de cada



deslizamiento para la elaboración de los dos tipos de mapas, el mapa topográfico y el mapa geológico.

Para elaborar el mapa topográfico a escala 1:2000, se realizó el levantamiento topográfico de cada deslizamiento, este tipo de levantamiento fue descrito a detalle anteriormente en la metodología utilizada para la elaboración de topografía y pendientes.

Para realizar el mapa geológico se realizó el levantamiento geológico de cada uno de los tres deslizamientos, haciendo calicatas, ya que en los deslizamientos encontrados no era posible ver afloramiento que presenten contactos entre los estratos, para esto se utilizó las fichas técnicas proporcionadas por la Universidad Nacional de Loja. (*Ver Anexo 1.*)

#### **4.3.6.1.2 De oficina**

El trabajo que se realizó en la oficina para la elaboración del mapa topográfico fue la descarga en el computador de los puntos tomados con la estación total mediante el software Geodimeter y Fore Sight para generar las curvas de nivel, luego mediante el software AutoCad importar estas curvas y crear diferentes capas para luego guardarlas en el formato DXF y de esta manera poder editarlas con la ayuda del software ArcView 3.2., y así obtener como resultado el mapa topográfico. Para la elaboración del mapa geológico se utilizó el mapa



topográfico como mapa base para que mediante el software ArcView 3.2., realizar polígonos e ir dando forma a la diferente geología existente en el área de estudio.

De la metodología expuesta anteriormente se obtuvo el Mapa Topográfico y Geológico a escala 1:2000 de los tres deslizamientos principales.

#### **4.3.6.2 Objetivo Especifico 2**

- *Identificar y ubicar los principales deslizamientos existentes en la vía Loja- Saraguro, desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".*

##### **4.3.6.2.1 De campo**

Para identificar y ubicar los principales deslizamientos se realizó un recorrido de toda el área de estudio para hacer un reconocimiento visual de las zonas más afectadas e ir ubicando mediante coordenadas UTM la localización de los principales deslizamientos que se encontraron en la vía.

##### **4.3.6.2.2 De oficina**

Se elaboró un Mapa de Ubicación de los principales deslizamientos identificados en el área de estudio mediante la utilización del Mapa Base y del software ArcView 3.2.





Con todo lo explicado anteriormente se ubicó e identificó siete deslizamientos, de los cuales solamente tres son principales y han sido caracterizados y estudiados.

#### **4.3.6.3 Objetivo Especifico 3**

- *Establecer los posibles factores detonantes (desencadenantes o gatillo) causantes de los principales deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".*

##### **4.3.6.3.1 De campo**

Se realizó un reconocimiento visual in-situ para determinar los posibles factores detonantes o causantes del movimiento en base a 5 factores: topografía (geometría del terreno), geología (litología), climatología (precipitaciones), factor antrópico (obras civiles) y factor externo (vibraciones e infiltraciones de agua). Para este último factor se realizaron calicatas en cada uno de los deslizamientos que ayudaron a determinar a qué profundidad se encuentra el nivel de aguas infiltradas.

Finalmente, se recolectó muestras de suelo, para en el laboratorio determinar el porcentaje de humedad y el ángulo de reposo natural de la ladera, que también son importantes para determinar si estos podrían ser posibles factores detonantes.





#### **4.3.6.3.2 De oficina**

Se realizó la interpretación de la carta geológica de Saraguro a escala 1:100.000 y de fotografías aéreas (Imagen Lansat) a escala 1:60000 a fin de identificar las áreas donde existen fallas.

Se determinó los posibles factores causantes de cada uno de los movimientos, en base a la información recolectada en el trabajo de campo.

Luego se realizó una interpretación de los resultados de las muestras de suelo obtenidos en el laboratorio para conocer el contenido de humedad y el ángulo de reposo natural, y finalmente se recopiló información sobre el nivel de precipitaciones en el sector.

#### **4.3.6.4 Objetivo Especifico 4**

- *Elaborar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas".*

#### **4.3.6.4.1 De campo**





Se realizó un levantamiento geológico en base a la descripción de los afloramientos encontrados a lo largo de la vía.

#### **4.3.6.4.2 De oficina**

El mapa de susceptibilidad se elaboró mediante la utilización de diferentes software de Sistema de Información Geográfica (SIG) como son el ArcView 3.2 y ArcGis 9.2, en donde se realizó la sobreposición de las bases digitales de los mapas de pendiente, geología local, cobertura vegetal, isoyetas e isotermas.

Mapas en los cuales se realizó la reclasificación y categorización de los campos de la tabla de datos numéricos en una base de datos con la sumatoria de los pesos de cada unidad espacial. Permitiendo, de esta forma definir los rangos de susceptibilidad a deslizamientos.

Con lo explicado anteriormente se obtuvo el mapa de susceptibilidad a escala 1:25000.





## 9. RESULTADOS

### 9.1. Descripción del área de estudio

#### 9.1.1. Ubicación Administrativa

El cantón Saraguro se encuentra ubicado a 64 kilómetros al norte de la ciudad de Loja, dentro de la provincia del mismo nombre, al sur del Ecuador, tiene una superficie de 1.080 Kilómetros cuadrados.

<b>CABECERA CANTONAL:</b>	Saraguro
<b>FECHA DE CANTONIZACION:</b>	10 de Marzo de 1822
<b>HABITANTES:</b>	31.000 habitantes.
<b>EXTENSION:</b>	1,203 Km <sup>2</sup>
<b>ALTURA:</b>	2.600m.s.n.m.
<b>LATITUD:</b>	3°31'38" Sur
<b>LONGITUD:</b>	79°43'41" Oeste

*Tabla 10. Aspectos Físicos del Cantón Saraguro* <sup>5</sup>. FUENTE: [www.apgualan.com](http://www.apgualan.com)

El cantón Saraguro tiene 10 parroquias, una urbana y nueve rurales.

**URBANA:** Saraguro (Cabecera Cantonal)

**RURALES:** San Pablo de Tenta, Célen, Selva Alegre, Lluzhapa, Manú, San Sebastián de Yulug, Urdaneta, San Antonio de Cumbe, El Tablón y Sumaypamba.

<sup>5</sup> Información básica del cantón Saraguro [en línea]. [<http://apgualan.wordpress.com/tag/saraguro>], [Consulta: 7 de Abril 2009].



### 9.1.2. Localización geográfica

El área de estudio está comprendida desde la entrada a la comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la comunidad "Las Lagunas", está localizada a nueve kilómetros aproximadamente, antes del cantón Saraguro desde la ciudad de Loja en la vía Panamericana. (Ver Fig.8)

Los límites son:

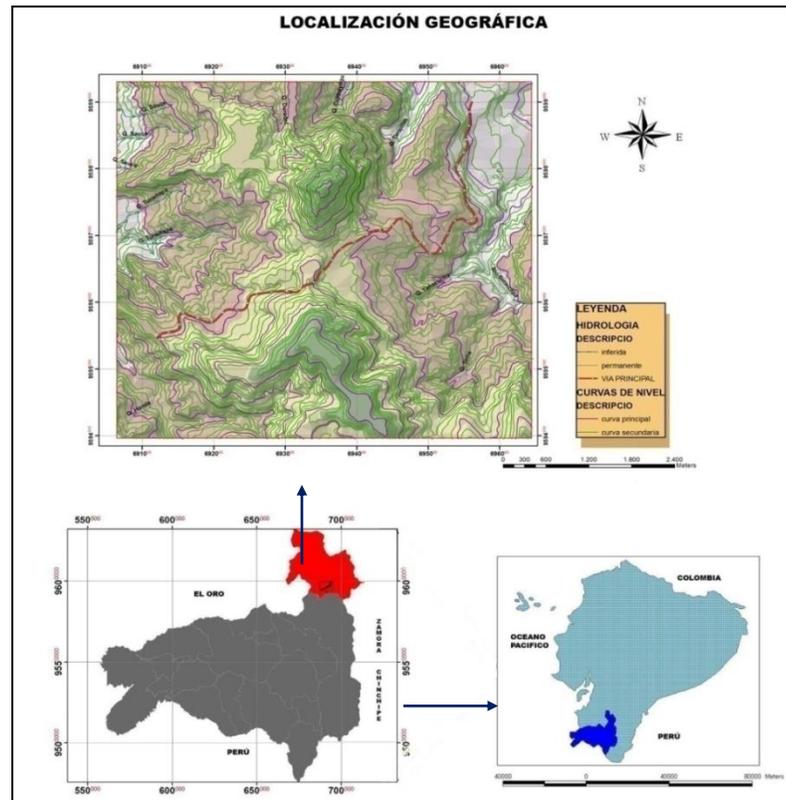
- Al Norte con la ciudad de Saraguro
- Al Sur con la ciudad de Loja
- Al Este con la Provincia de Zamora Chinchipe y,
- Al Oeste con la Provincia de El Oro.

Las coordenadas UTM de la entrada a la comunidad Quebrahonda son:

En **X=** 691247; **Y=** 9595430; y **Z=**2900.

Las coordenadas UTM de la entrada a la comunidad Las Lagunas son:

En **X=** 695610; **Y=** 9599001; y **Z=**2600.



**Fig. 8.** Localización Geográfica del área de estudio FUENTE: Tania Q y Silvia T.

### 9.1.3. Acceso

Para llegar al sector de estudio desde la ciudad de Quito se lo puede realizar por vía terrestre usando la vía Panamericana de primer orden con una distancia de 647 Km con un recorrido de 12 horas aproximadamente. Y, por vía aérea donde el tiempo promedio aproximado de vuelo es de cincuenta minutos, se puede realizar el acceso desde el aeropuerto "Mariscal Sucre" en la ciudad de Quito hasta el aeropuerto "Camilo Ponce" en el Cantón Catamayo. Para luego viajar por vía terrestre llegando a Loja y luego desde allí viajar al lugar de estudio.



Llegar al lugar de estudio es de fácil acceso, se lo hace utilizando la vía Panamericana. La distancia es de aproximadamente 50 kilómetros desde la ciudad de Loja con un recorrido de 90 minutos.

El tramo de estudio abarca una longitud de aproximadamente nueve kilómetros, cuyo recorrido en automóvil es de veinte minutos.

#### **9.1.4. Topografía**

Regionalmente el área de estudio tiene un relieve montañoso ya que sus alturas fluctúan de entre 2500 y 3300 m.s.n.m. (*Ver Anexo 8, Mapa N° 1*), las curvas principales se presentan en intervalos de cada 100 metros y las curvas secundarias se encuentran cada 20 metros.

Se encuentra en la Cordillera Oriental o Real de los Andes. Las ocho elevaciones más sobresalientes son: El Cerro del Puclla, Loma Duradel, Loma Rodeo, Loma Cuypamba, Loma Torre, Loma Duda, Loma Huacaquero, Loma Tintaturo, Loma Cubilán.

Mientras, que localmente en el sector de estudio la elevación sobresaliente es la Loma Cubilán, y las alturas dentro del tramo de estudio varían desde los 2600 m.s.n.m. hasta los 3000 m.s.n.m.





### 9.1.5. Pendientes

Esta variable está asociado al tipo de relieve que presenta el terreno y al grado de inclinación que presentan las laderas, por lo que se convierte en un factor muy importante para tomar en cuenta dentro de del análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

Las pendientes se clasificaron en cuatro clases: baja, moderada, alta y muy alta.

Regionalmente, las pendientes bajas van de 0 a 15% ocupando un área de 162995 metros cuadrados, las pendientes moderadas fluctúan del 15 al 25% con un área de 123.003 metros cuadrados, las pendientes altas tienen un área de 337.091 metros cuadrados y van del 25 al 55% y; finalmente, las pendientes muy altas cuya área es de 150.176 metros cuadrados siendo estas mayor al 55% de pendiente.

Localmente, el tramo de estudio está conformado por pendientes bajas en un 40%, pendientes moderadas en un 20%, pendientes altas en un 30% y pendientes muy altas en un 10%.(Ver Anexo 8, Mapa N° 2)

### 9.1.6. Geología

El área de estudio se encuentra en la Sierra Austral del Ecuador.





### 9.1.6.1. Geología Regional

Regionalmente la zona de estudio se encuentra descansando en las Formaciones Tarqui y Saraguro, en donde el tramo de estudio se encuentra en su totalidad dentro de la Formación Saraguro. (Ver Anexo 8, Mapa N°3).

La Formación Saraguro ocupa un área de 18.512,83 Km<sup>2</sup> y la Formación Tarqui tiene un área de 12.460,60 Km<sup>2</sup>.

#### **FORMACIÓN SARAGURO (Eoceno)**

Aflora en los valles de terrenos profundamente disectados, siguiendo los ríos León, Paquishapa, Tenta y Jubones. Estratos de lava y piroclastos se alternan en esta formación de capas gruesas. Los piroclásticos varían desde tobas de grano fino aglomerados muy bastos, pero lo más común es una toba masiva aglomerática de color amarillo en estratos de 50 a 100 metros de espesor y que forman escarpas prominentes en los alrededores de Saraguro.

Cerca de esta población afloran: tobas arenosas tobas de grano fino con bandeamiento multicolor y lentes de conglomerado. Las lavas interestratificadas son andesitas porfíricas.





En Lomo Shio al suroeste de Oña hay sedimentos clásticos bastos muy estratificados. Al norte de Oña estratos de ignimbritas forman riscos sobresalientes. Estas ignimbritas blanca-rosáceas varían en composición entre riolita y dacita y están caracterizadas por cavidades lenticulares orientadas paralelamente a la estratificación. En láminas delgadas se encuentran fragmentos de cuarzo, sanidina, andesina y biotita suspendidas en una matriz sub-vítrea que contienen abundantes fragmentos vítreos.

En minas la toba riolítica es similar en composición a la ignimbritas pero tienen grano más grueso y crece de la característica estructura fragmentada.

La Formación Saraguro descansa discordantemente al este sobre la serie Zamora y al Oeste sobre la Formación Piñón. Se encuentra suavemente plegada y sus ejes siguen rumbos norte y NE; la estructura sinclinal del río León es la que más sobresale. Se estima que el espesor máximo de esta formación llega a los 3000 metros.

Los derrumbes son bastantes numerosos, particularmente en la Formación Saraguro; y algunos se extienden sobre varios Kilómetros cuadrados. Los depósitos coluviales se encuentran al pie de algunas laderas que se encuentran a cada lado de la vía Panamericana.



## **FORMACION TARQUI (Pleistoceno)**

Conforma una masa tabular sensiblemente horizontal, la que una altitud cercana a los 3000 metros. cubre a las colinas y áreas planas en la parte oriental del área. Consiste de riolita porfírica masiva con algo de tobas riolíticas que se han meteorizado en un manto arcilloso rosado o blanco. A lo largo de la carretera Panamericana al suroeste de Oña se presenta una espectacular disyunción columnar indicando la posibilidad de ignimbrita y bloques caídos son conspiguos en los depósitos coluviales cercanos. Sedimentos interestratificados que gradúan de arenas a conglomerados son explotados para el afirmado de carreteras al sur de Oña, y una bolsada de sedimentos externos similares se encuentran a lo largo del río Casacuro. La Formación Tarqui tiene un espesor aproximado de 750 m., descansa discordante sobre la Formación Saraguro y recubre la serie Zamora.<sup>6</sup>

### **9.1.6.2. Geología Estructural**

Dentro del área estudiada se encontró una falla regional, la cual abarca varios kilómetros de longitud. Tiene una dirección N 71° E, constituyéndose como una falla normal ya que el desplazamiento es a lo largo de la superficie o plano de falla, encontrándose el techo de la falla en la parte superior y el piso de la falla en la parte inferior.

<sup>6</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (I.G.M.). 1975. Carta Geológica De Saraguro. Mapa escala 1:100.000, Hoja A-5



La falla se inicia en las coordenadas  $X=694220$ ,  $Y=9597300$ ; y termina en las coordenadas  $X= 695000$ ,  $Y=9600000$ .

Se encuentra afectando directamente a todo el tramo de la vía estudiado, esto se hace evidente con la formación de los deslizamientos a lo largo de la carretera Loja – Saraguro, desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la entrada a la comunidad Las Lagunas.

Esta información se encuentra sustentada con la interpretación de la carta geológica de Saraguro a escala: 1:100000 y mediante las fotografías aéreas del Cantón Saraguro N° 6232, 6233, 6234. (Ver Anexo 9)

### 9.1.6.3. Geología Local

El tramo de la vía desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la entrada a la comunidad Las Lagunas, se encuentra afectado estructuralmente por la presencia de una falla regional, cuya afectación se evidencia con la presencia de movimientos a lo largo del sector analizado. La zona de estudio se encuentra dentro de la Formación Saraguro, ya que los afloramientos encontrados están compuestos por Tobas Arenosas, Ignimbritas (variedad de tobas), Arcillas, Lentes de Conglomerados y Suelos Residuales de colores grises



hasta rojos pardos características predominantes por la meteorización e intemperismo presentes en la zona, además en algunos casos presentan una sola estratificación y en otros es material suelto no consolidado, por lo que no se evidencia ningún tipo de estrato, motivo por el cual no puede determinar los buzamientos de las capas que los componen.

Localmente, el tramo de estudio está compuesto de Tobas arenosas ocupando un área de 295.49 Hectáreas que constituye el 52%; Arcillas con un área de 51.11 Hectáreas que ocupa el 9%; Conglomerados ocupando un área de 52.91 Hectáreas constituyendo el 10%; Ignimbritas 91.65 Hectáreas que representan el 16% y Suelos Residuales que abarcan 69.50 Hectáreas siendo este el 13% del área. Para explicar mejor la geología local (*Ver Anexo 8, Mapa N°4*) existente en el área de estudio se describe detalladamente catorce afloramientos encontrados a lo largo del tramo desde la entrada a la comunidad Quebrahonda hasta la entrada de la comunidad Las Lagunas, los cuales son:

**Afloramiento 1** (*Ver Fotografía 3*)

Se encuentra ubicado en las coordenadas UTM:

X: 691251

Y: 9595501

Z: 2900

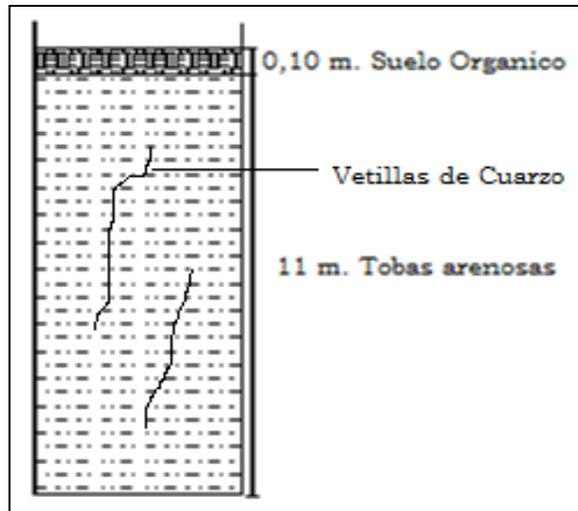


Se localiza al Sur de la ciudad de Saraguro, con dirección N 40° E en la parte derecha de la vía desde Loja a Saraguro, tiene dimensiones de 11 metros de alto y 30 metros de ancho aproximadamente, presenta un relieve de colina y escasa vegetación, pertenece a la Formación Saraguro.

La potencia de este afloramiento es de 11 metros, en los cuales se encuentra aflorando dos estratos, el primer estrato es el suelo orgánico que ocupa 10 centímetros de espesor y el segundo estrato está compuesto de tobas arenosas de grano fino de color amarillo pardo a rojo, esto como resultado del intemperismo y la gran presencia de precipitaciones, existe además pequeñas introducciones de vetillas de cuarzo cuyo espesor varía de 0.2 a 1 centímetro. En este afloramiento no es posible tomar el buzamiento debido que solamente presenta un solo estrato visible.



**Fotografía 3. Afloramiento 1**



**Fig. 9.** Litología del Afloramiento 1

### **Afloramiento 2** (Ver Fotografía 4)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 691244

Y: 9595515

Z: 2880

Su dirección es de N 89° E, se localiza en la parte izquierda de la vía Loja – Saraguro, presenta dimensiones de 8 metros de alto por 15 metros de ancho. Tiene un relieve de colina y la vegetación es escasa.

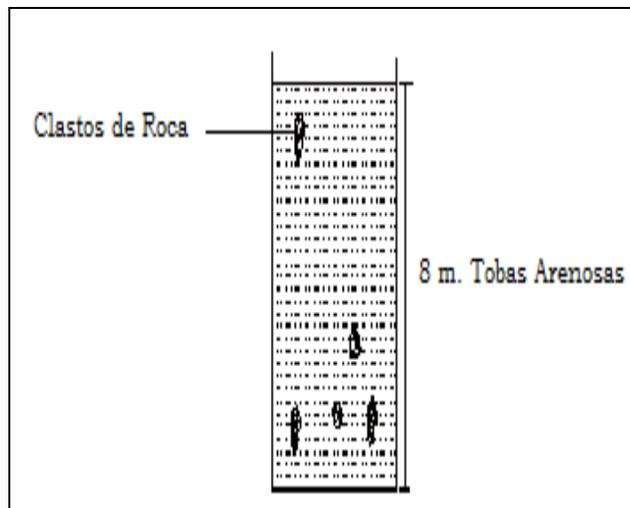
La potencia del afloramiento es de 8 metros y presenta solamente un estrato, con granulometría arenosa de color amarillo a café pardo. Está compuesto de tobas arenosas con intrusiones de roca en la parte inferior del talud.



En este afloramiento no es posible tomar buzamiento ya que no se evidencia ningún contacto estratigráfico.



**Fotografía 4.** Afloramiento 2



**Fig.10.** Litología del Afloramiento 2.





### **Afloramiento 3** (Ver Fotografía 5)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 691546

Y: 9595817

Z: 2884

Su dirección es de N 53° E, se encuentra al lado derecho de la vía Loja - Saraguro, tiene dimensiones de 10 metros de alto por 20 metros de ancho, presenta un relieve de colina y tiene vegetación escasa.

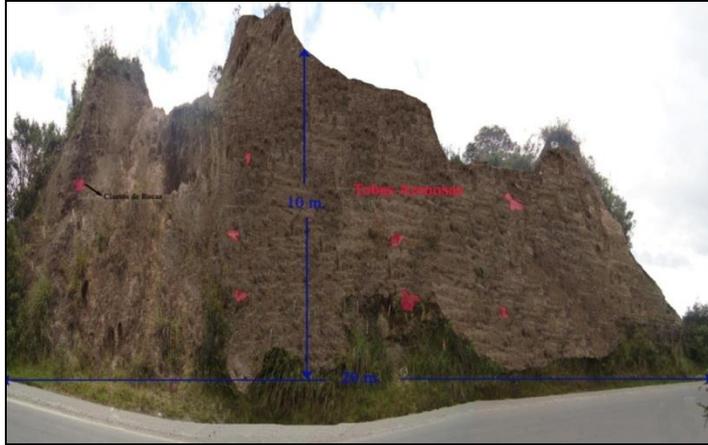
Posee una potencia de 10 metros con presencia de una sola estratificación, está compuesto por tobas arenosas con granulometría arenosa de color rojo a café con incrustaciones de roca con clastos angulares y presenta una meteorización. El buzamiento no ha sido tomado debido a que se observa un solo estrato.



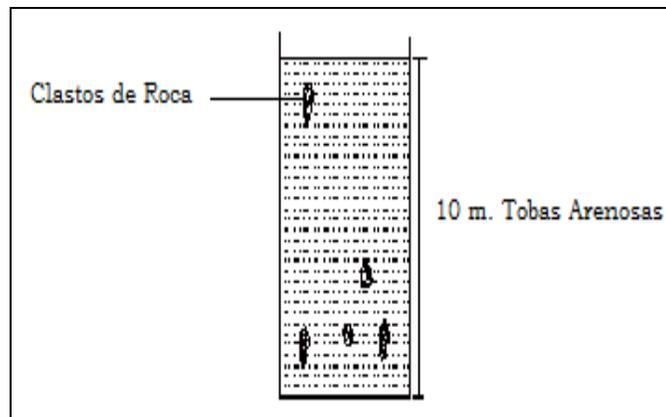


"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



**Fotografía 5.** Afloramiento 3



**Fig.11.** Litología del Afloramiento 3.

#### **Afloramiento 4** (Ver Fotografía 6)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 692179

Y: 9595875

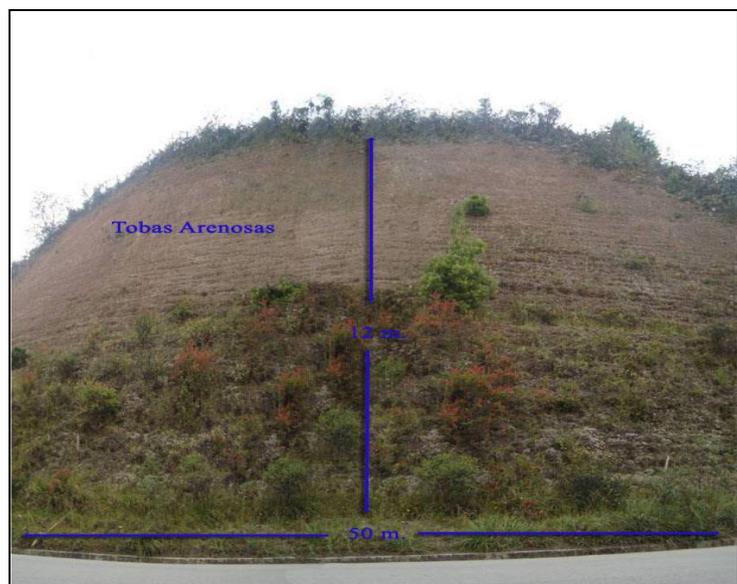
Z: 2884



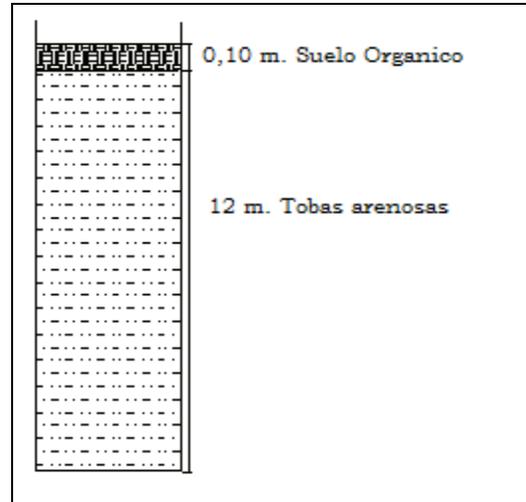
Tiene una dirección de N 62 ° E, se encuentra al lado derecho de la vía que conduce a Saraguro desde Loja, sus dimensiones son de 12 metros de alto por 50 metros de ancho. Posee un relieve de colina y su vegetación es moderada.

Este afloramiento presenta meteorización, está compuesto por dos capas o estratos, la primera capa es el suelo orgánico con un espesor de 10 centímetros y la segunda capa presenta tobas arenosas de color amarillo pardo a rojo con granulometría arenosa.

En este afloramiento no es posible tomar buzamiento ya que solamente presenta un solo estrato y no se hace posible localizar el contacto con otro estrato.



**Fotografía 6.** Afloramiento 4



**Fig.12.** Litología del Afloramiento 4  
**Afloramiento 5** (Ver Fotografía 7)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 692527

Y: 9596082

Z: 2890

Su dirección es N 85° E, se localiza al lado derecho de la vía Panamericana, sus dimensiones son de 10 metros de alto y 30 metros de ancho, el relieve es de colina y la vegetación es media compuesta entre pastizales y matorrales densos altos, presenta un estrato de color rojo a café.

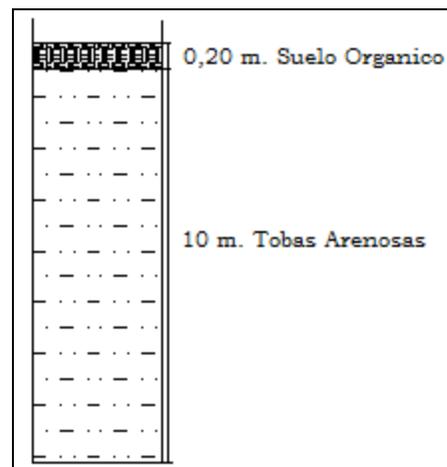
Este afloramiento presenta meteorización, los estratos que lo componen son, suelo orgánico con una potencia de 20 centímetros y tobas arenosas de textura afanítica con una potencia de 10 metros. En este afloramiento no es



posible tomar buzamiento ya que tiene un solo estrato visible.



**Fotografía 7.** Afloramiento 5



**Fig.13.** Litología del Afloramiento 5

### **Afloramiento 6** (Ver Fotografía 8)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 692616

Y: 9596139

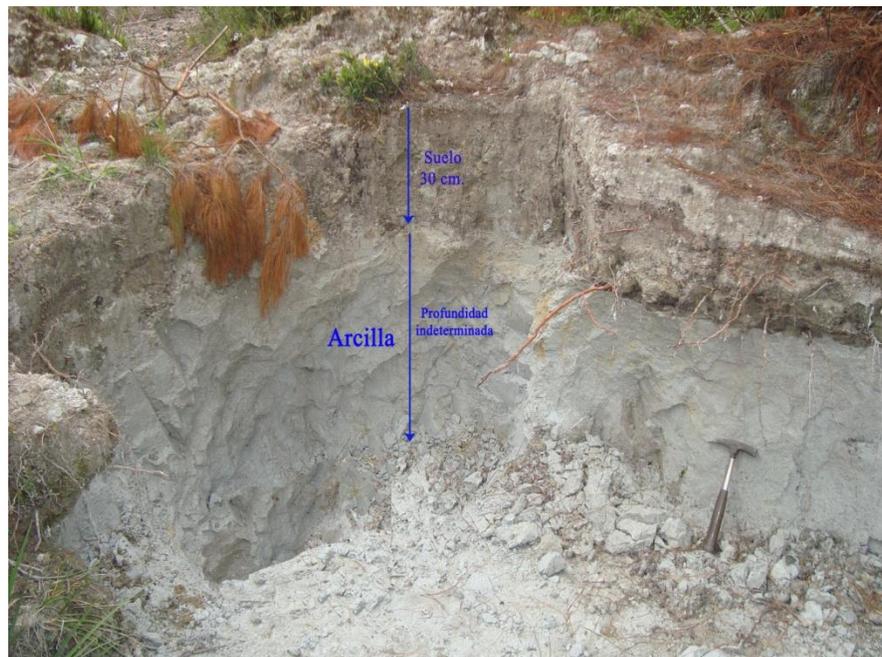




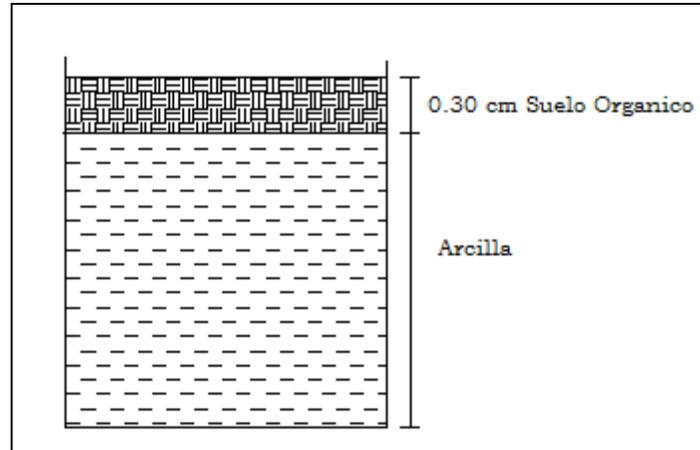
Z: 2890

Tiene una dirección de N 60° E y un buzamiento de N 90° W, se lo localiza en el lado izquierdo de la vía Loja – Saraguro, sus dimensiones son de 1 metro de alto y 5 metros de ancho, el relieve es bajo y presenta una vegetación exuberante de pastizales y pinos.

El afloramiento presenta dos estratos, la primera capa es de suelo orgánico con 30 centímetros de potencia, la segunda capa es de arcilla de color gris con una potencia indeterminada.



**Fotografía 8.** Afloramiento 6



**Fig.14.** Litología del Afloramiento 6

### **Afloramiento 7** (Ver Fotografía 9)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 693368

Y: 9596285

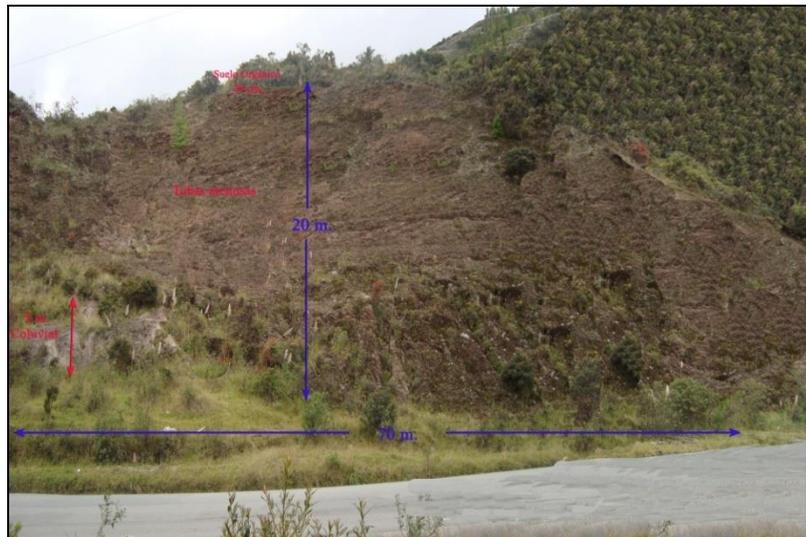
Z: 3020

Su dirección es N 81° E, se encuentra al lado izquierdo de la vía que conduce desde Loja a Saraguro, sus dimensiones son de 20 metros de alto por 70 metros de ancho, el relieve es de colina y con vegetación mediana conformada por pastizales y matorrales bajos.

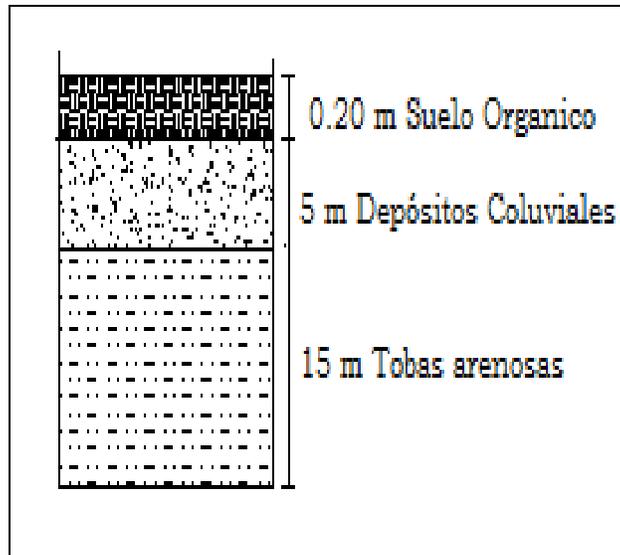
En este afloramiento se evidencia tres estratos de color gris a rojo, el primer estrato presenta 20 centímetros de suelo orgánico, el segundo estrato tiene una potencia de



15 metros está compuesto por tobas arenosas y en el tercer estrato se encuentran depósitos coluviales que se han depositado en la base de la ladera por causa de la gravedad, en el que se hace evidente la presencia de clastos de rocas angulares con diámetros de 5 a 20 centímetros aproximadamente. En este afloramiento no es posible tomar buzamiento ya que no se evidencia el contacto entre los estratos.



**Fotografía 9.** Afloramiento 7



*Fig.15. Litología del Afloramiento 7*

### **Afloramiento 8** (Ver Fotografía 10)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 694092

Y: 9596974

Z: 2920

Tiene dirección N 89° W, se localiza al lado izquierdo de la vía Loja-Saraguro. Sus dimensiones son de 2 metros de alto por 8 metros de ancho, su relieve es bajo y presenta vegetación exuberante compuesta por pastizales y matorrales densos altos.

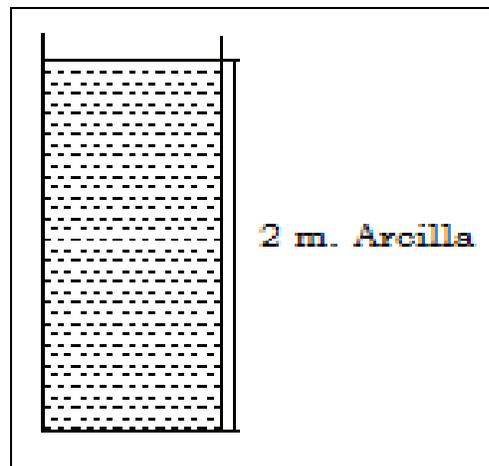
Este afloramiento presenta meteorización y su superficie es húmeda ya que existe presencia de agua, está compuesto por un solo estrato con una potencia de 2 metros, el cual contiene arcilla gris con pigmentaciones de



color rojo debido a la oxidación. En este afloramiento no es posible tomar buzamiento ya que no se evidencia estratificación.



**Fotografía 10.** Afloramiento 8



**Fig. 16.** Litología del Afloramiento 8

### **Afloramiento 9** (Ver Fotografía 11)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 694546



Y: 9597237

Z: 2884

Su dirección es N 45° E con respecto al norte, se localiza al lado izquierdo de la vía que conduce desde Loja al cantón Saraguro.

Las dimensiones del afloramiento son de 5 metros de alto y 10 metros de ancho, presenta un relieve de colina; y tiene vegetación compuesta de pastizales y matorrales densos bajos.

Este afloramiento presenta una coloración gris a amarillo pardo, posee un solo estrato con una potencia de 5 metros, el cual está compuesto por ignimbritas con clastos angulares cuyos diámetros varían de 2 a 10 centímetros y poseen una matriz arcillosa. Aquí no es posible tomar buzamiento debido a que no existe estratificación.



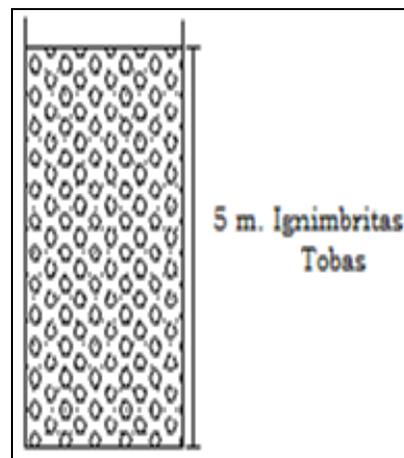


"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



**Fotografía 11.** Afloramiento 9



**Fig. 17.** Litología del Afloramiento 9

**Afloramiento 10** (Ver Fotografía 12)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 695300

Y: 9597134

Z: 2780



Tiene dirección N 35° E, se localiza al lado izquierdo de la vía Loja – Saraguro, sus dimensiones son 4 metros de alto y 10 metros de ancho, su relieve es bajo y presenta una vegetación exuberante compuesta de matorrales densos y pastizales.

Este afloramiento no presenta estratificación ya que es un suelo residual el cual está compuesto de una mezcla de suelo orgánico, tobas arenosas y clastos de roca angulares cuyos diámetros varían de 10 a 50 centímetros. Aquí no fue posible tomar buzamiento ya que no se evidencia estratificación alguna.



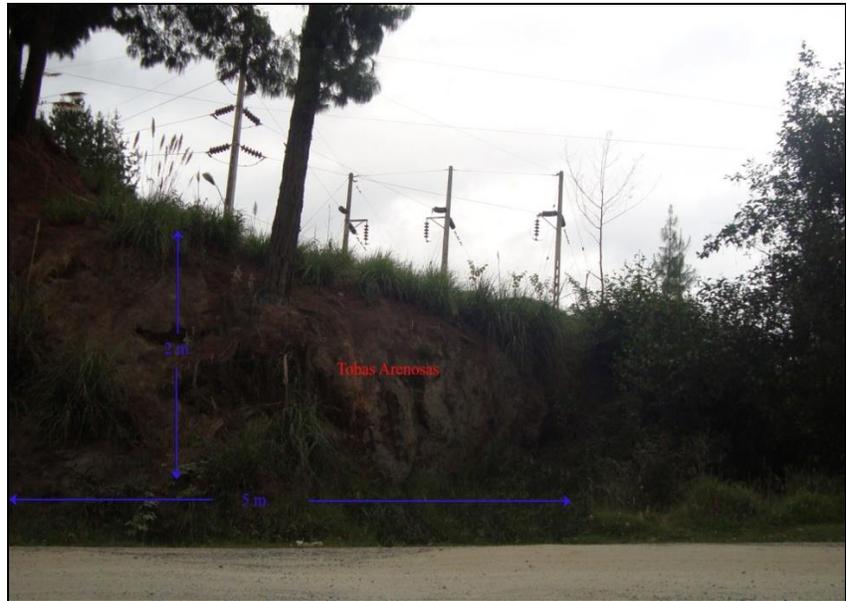
**Fotografía 12.** Afloramiento 10



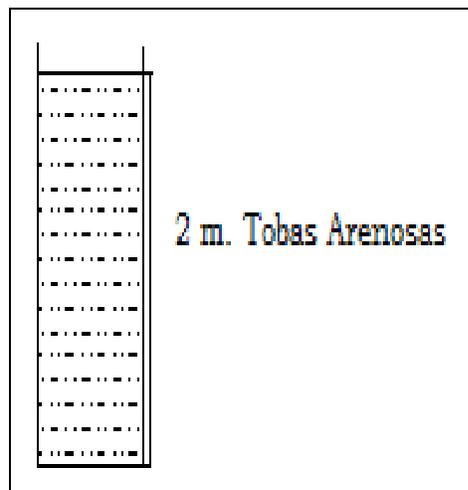


"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



**Fotografía 13.** Afloramiento 11



**Fig.19.** Litología del Afloramiento 11





## **Afloramiento 12** (Ver Fotografía 14)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 695375

Y: 9597975

Z: 2890

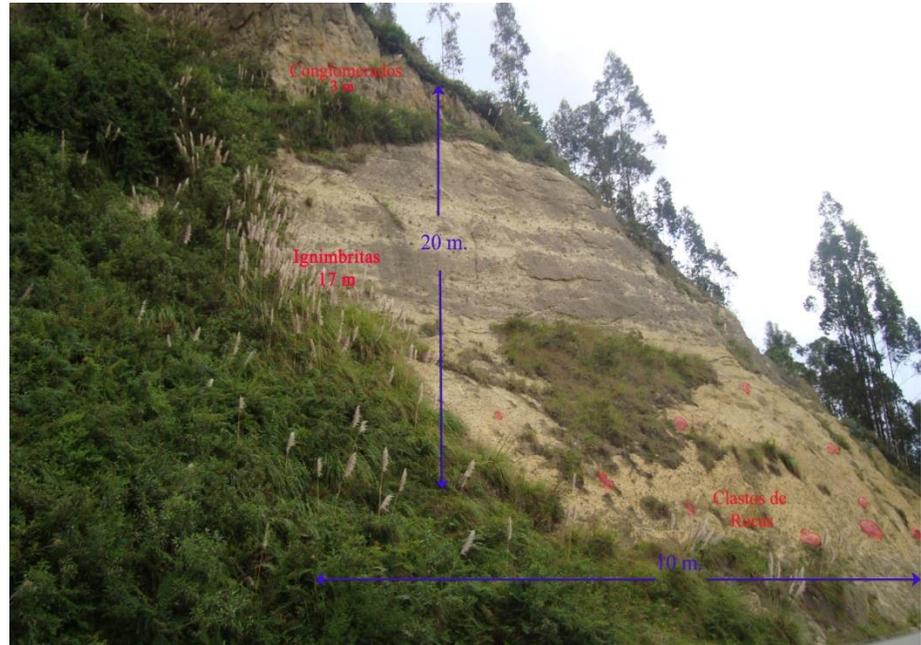
Su dirección es de N 40° E y un buzamiento de N 50° W, se localiza al lado izquierdo de la vía desde Loja, sus dimensiones son 20 metros de alto y 10 metros de ancho, su relieve es de colina y su vegetación es exuberante compuesta de pastizales y matorrales densos bajos y eucaliptos.

Este afloramiento presenta dos estratos, el primer estrato contiene ignimbritas de color amarillo con una potencia de 17 metros con incrustaciones de clastos de rocas con diámetros de 2 a 5 centímetros y el segundo estrato está compuesto de lentes de conglomerado con clastos angulares cuyos diámetros varían de 5 a 10 centímetros con una potencia de 3 metros.



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



Fotografía 14. Afloramiento 12

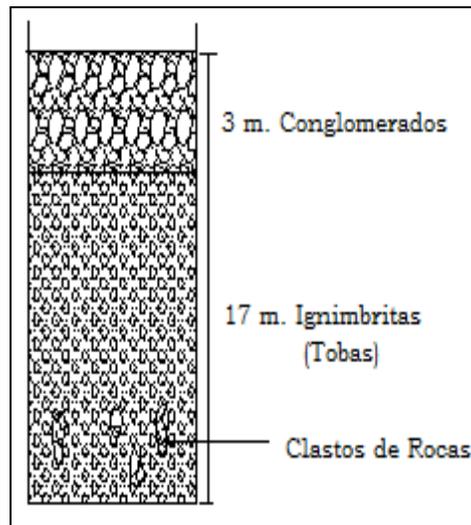


Fig.20. Litología del Afloramiento 12





### **Afloramiento 13** (Ver Fotografía 15)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 695512

Y: 9598553

Z: 2890

Su dirección es de N 10° W, se encuentra al lado izquierdo de la vía que conduce a Saraguro, sus dimensiones son de 6 metros de alto y 8 metros de ancho, su relieve es de colina y su vegetación es exuberante compuesta de matorrales densos bajos y arboles de eucalipto.

Este afloramiento consta de dos estratos, el primer estrato tiene una potencia de 1 metro está compuesto de lentes de conglomerado con clastos de rocas redondeados cuyos diámetros varían de 3 a 5 centímetros y su matriz es arcillosa.

El segundo estrato tiene una potencia de 5 metros, está compuesto de suelo residual ya que presenta una mezcla de clastos de roca con diámetros de 7 a 10 centímetros, suelo orgánico e ignimbritas.



En este afloramiento no es posible tomar buzamiento ya que el contacto no se evidencia.



Fotografía 15. Afloramiento 13

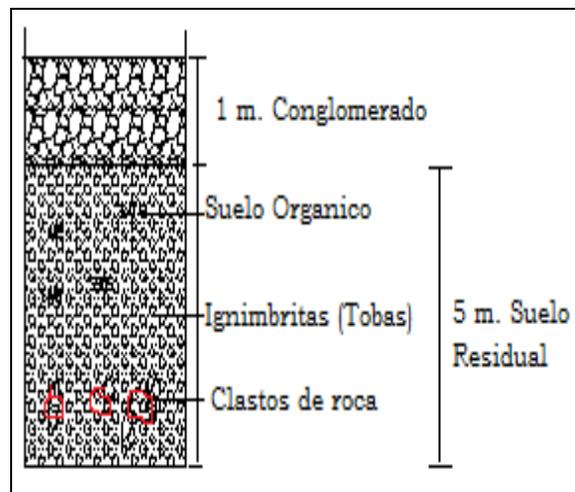


Fig.21. Litología del Afloramiento 13





### **Afloramiento 14** (Ver Fotografía 16)

Ubicado en las coordenadas UTM:

X: 695547

Y: 9598648

Z: 2890

Su dirección es N 20° E, se localiza al lado izquierdo de la vía panamericana, sus dimensiones son de 10 metros de alto y 15 metros de ancho, su relieve es de colina y su vegetación es media compuesta de pastizales y matorrales densos bajos.

Este afloramiento presenta tres estratos, el primer estrato es suelo orgánico con una potencia de 10 centímetros, la segunda capa está compuesta de lentes de conglomerado, el cual tiene una potencia de 3 metros, y clastos de roca 3 a 5 cm. con una matriz arcillosa. El tercer estrato tiene una potencia de 7 metros está compuesto de ignimbritas de color amarillo a gris oscuro esto debido al intemperismo y meteorización.

En este afloramiento no es posible buzamiento ya que no se evidencia con claridad el contacto entre estratos.





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



Fotografía 16. Afloramiento 14

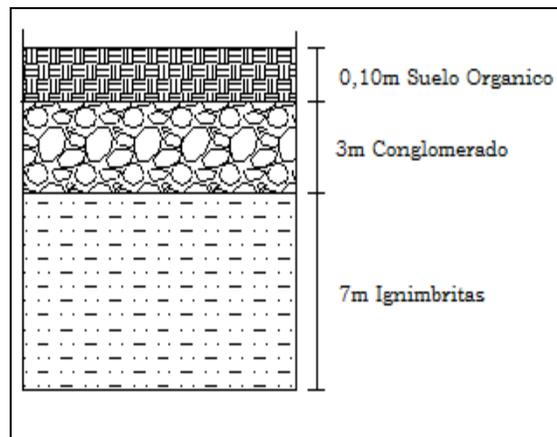


Fig.22. Litología del Afloramiento 14





## 9.1.7. Clima e Hidrología

### 9.1.7.1. Clima

En el área de estudio las aguas lluvias caen durante todo el transcurso del año, el promedio anual de lluvias es de 800 a 900 mm. Las lluvias y temperaturas moderadas a través del año sustentan una ligera vegetación con pocos árboles.

Presenta un clima frío ya que, está comprendido entre las cotas de 2500 y 3300 m.s.n.m., y tiene una temperatura promedio de 10 a 14 grados centígrados. Este tipo de clima puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al estar aportando una suficiente cantidad de agua por las altas precipitaciones que existen en el lugar, fomentando así la formación y aceleración de los deslizamientos.

La información de precipitaciones y temperaturas se basan en el "**Proyecto Privado de la Mancomunidad de la Cuenca del Río Jubones**", dicha información fue recolectada en el CINFA de la Universidad Nacional de Loja.

#### 9.1.7.1.1. Isoyetas

Este es un factor importante ya que el problema en la zona de estudio está relacionado con el nivel de precipitaciones, estas se constituyen como un factor desintegrador debido a que aporta grandes cantidades de agua.





El promedio anual de lluvias son de 800, 850 y 900 mm anuales. A dichos rangos se le ha colocado un peso de 2, 3 y 4 respectivamente. En el Mapa de Isoyetas se contemplan las áreas que tienen estos niveles de precipitaciones. (*Ver Anexo 8, Mapa N° 5*)

#### **9.1.7.1.2. Isotermas**

El área de estudio presenta una temperatura promedio entre 10 y 14 grados centígrados.

A dichos rangos se les ha dado valores numéricos entre 10 a 12 grados centígrados el valor de 3 y a los que están entre 12 a 14 grados. En el Mapa de Isotermas se muestra los lugares que están dentro de estas temperaturas. (*Ver Anexo 8, Mapa N° 6*)

#### **9.1.7.2. Hidrología**

Los ríos y la mayor parte de los arroyos fluyen durante todo el año, la irrigación es necesaria para los cultivos en las áreas bajas.

Regionalmente, el sistema hidrográfico del lugar lo conforma el Río Sinincapa, Quebrada Honda, Quebrada Turishapa, Quebrada Tinajillas, Quebrada Culquiyacu, Quebrada Torres, Quebrada Duradel, Quebrada Sauce Y Quebrada Yanacocha. (*Ver Anexo 8, Mapa N° 1*).





Este es un sistema de drenaje "dendrítico", ya que se caracteriza por tener ramificaciones arborescentes.

Localmente, el tramo de estudio no presenta ningún tipo de hidrología que afecte directamente a los movimientos de tierra existentes en la vía como se puede observar en el Mapa de Ubicación de los Deslizamientos (*Ver Anexo 8, Mapa N° 21*).

#### 9.1.8. Cobertura Vegetal

Regionalmente, la cobertura vegetal encontrada en el lugar de estudio está compuesta de (*Ver Anexo 8, Mapa N° 7*):

Cobertura	Area (Km <sup>2</sup> )
Bosque muy denso	2042,21
Plantaciones de eucalipto	2228,94
Plantaciones de pino	209,35
Matorral denso alto	854,16
Matorral denso bajo	11316,45
Asociación pastizal/cultivos	7625,05
Asociación poblados/cultivos	19963,22
Viviendas	1263,35
Pasto natural	11,37

**Tabla 11.** Áreas de cobertura vegetal FUENTE: Tania Q. Silvia T.

Localmente la cobertura vegetal dentro del tramo de estudio, está compuesta de Matorral Denso Bajo desde el Kilómetro cero hasta el Kilómetro tres; desde el Kilómetro uno al Kilómetro uno y medio, Plantaciones de Pino; desde el Kilómetro tres hasta el Kilómetro



siete, Pasto natural; presencia de Poblados/cultivos desde el Kilómetro siete al ocho y medio; y, Viviendas aisladas desde el Kilómetro ocho y medio al Kilómetro nueve de la vía.

Para explicar mejor de que consta cada cobertura, se describe a continuación la vegetación de cada una de ellas.

### **Bosque muy denso (Bmd) (Ver Fotografía 17)**

Esta formación cubre una superficie de 2042,21 kilómetros cuadrados. La vegetación se conserva inalterada, en algunas partes el epifitismo es alto manifestado especialmente por las bromelias, orquídeas, líquenes y musgos. Se usan ciertas áreas para pastoreo. Por su alta humedad y baja temperatura, esta zona es impropia para labores agropecuarias.



**Fotografía 17.** Bosque muy denso (Bmd)

### **Plantaciones de eucalipto (Pe) (Ver Fotografía 18)**





Esta cobertura cubre un área de 2228.94 kilómetros cuadrados, los arboles pueden alcanzar los 5 metros de altura en su edad promedio, estos constituyen un factor estabilizador si se habla de movimientos de tierra ya que sus raíces son muy largas. Estas plantaciones son consideradas perennes.



**Fotografía 18.** *Plantaciones de eucalipto (Pe)*

### **Plantaciones de pino (Pp) (Ver Fotografía 19)**

Esta cobertura cubre un área de 209,35 kilómetros cuadrados, este tipo de vegetación no es propio del lugar, los arboles pueden alcanzar los 3 metros de altura a mediana edad y rara vez se encuentran arbustos de esta especie.



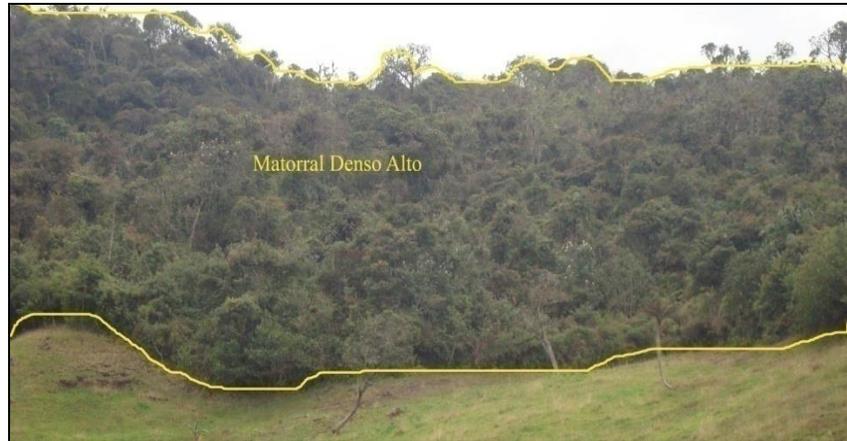
**Fotografía 19.** *Plantaciones de pino (Pp)*

### **Matorral denso alto y bajo (Mda y Mdb)** *(Ver Fotografías 20 y 21)*

La cobertura de matorral denso alto cubre un área de 854,16 kilómetros cuadrados mientras que la vegetación de matorral denso bajo tiene un área de 11316,45 kilómetros cuadrados.

Este tipo de vegetación es natural cuya composición no sobrepasa los 8 metros de altura y la estructura del tallo no alcanza los 15 centímetros de grosor, localizada generalmente en relieves fuertes, producto de la regeneración espontánea.

En los suelos inestables como laderas móviles o derrubios de ladera, únicamente pueden sobrevivir matorrales de rápida respuesta a las variaciones del medio.



**Fotografía 20.** Matorral denso alto (Mda)



**Fotografía 21.** Matorral denso bajo (Mdb)

### **Asociación pastizal/cultivos (Apzc) (Ver Fotografía 22)**

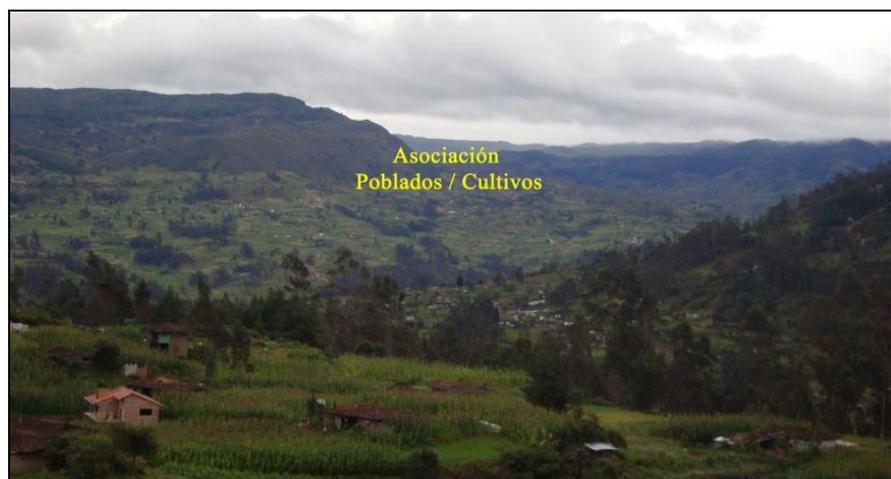
Esta cobertura cubre un área 7625,05 kilómetros cuadrados, está compuesta de pasto natural y cultivos de ciclo corto como el maíz, esta asociación es medianamente favorable para los movimientos de tierra ya que en el subsuelo guardan humedad.



**Fotografía 22.** Asociación pastizal/cultivos (Apzc)

### **Asociación poblados/cultivos (Apbc) (Ver Fotografía 23)**

Esta cobertura cubre un área de 19963,22 kilómetros cuadrados, está compuesta de asentamientos de viviendas y cultivos de ciclo corto como el maíz.



**Fotografía 23.** Asociación poblados/cultivos (Apbc)



### **Viviendas (V)** (*Ver Fotografía 24*)

Esta cobertura cubre un área de 1263,35 kilómetros cuadrados, está compuesta por asentamientos de personas y viviendas construidas de todo tipo de material.



**Fotografía 24.** *Viviendas (V)*

### **Pasto natural (Pn)** (*Ver Fotografía 25*)

Este tipo de cobertura ocupa un área de 11.37 kilómetros cuadrados, está constituida por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo ya que no reciben cuidados especiales. Esta vegetación es utilizada con fines de pastoreo esporádico de ganado.



*Fotografía 25. Pastos naturales (Pn)*

### 9.1.9. Áreas protegidas y de interés ambiental

Regionalmente, se encuentra el Área de Reserva Comunal Huashapamba de propiedad privada, con una superficie de 217.30 ha., que está comprendido entre las cotas 2800 y 3200 m.s.n.m. <sup>7</sup>

Saraguro es una zona de interés ambiental ya que es considerado un área de reserva de biosfera, esta nominación tiene como objetivo lograr que los principales ecosistemas andinos, asociados al Parque Nacional Podocarpus, sean declarados por la UNESCO como "Reserva de Biosfera".

La reserva de biosfera propuesta incluiría los cantones que mantienen la suma de condiciones que exige la UNESCO: áreas naturales excepcionales ligadas a un área protegida

<sup>7</sup> PFPL. DIAGNÓSTICO FORESTAL. 2004. Programa Forestal de la Provincia de Loja. Loja, Ecuador, H. Consejo Provincial de Loja.



(Parque Nacional Podocarpus), manifestaciones culturales relevantes e iniciativas sostenibles de desarrollo socioeconómico en marcha.<sup>8</sup>

Localmente, dentro del tramo estudiado no se encuentra ningún tipo de zona o área protegida o de interés ambiental.

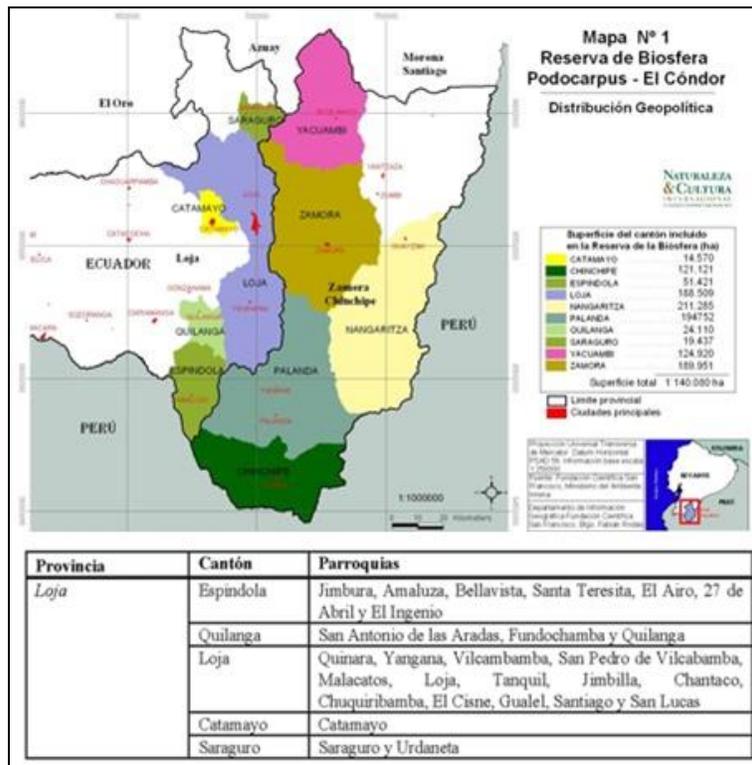


Fig. 23. Área de interés ambiental, Reserva de Biósfera. FUENTE: intichaski.org

<sup>8</sup> Áreas de Interés Ambiental [en línea]. Información Áreas Protegidas de la Provincia de Loja [http://www.intichaski.org], [Consulta: 12 de Mayo 2009].



## 9.2. Caracterización de los principales deslizamientos en el área de estudio

Dentro del área de estudio se identificaron como principales a tres deslizamientos, los mismos que se caracterizan o describen a continuación.

### 9.2.1. Descripción del Deslizamiento 1

#### 9.2.1.1. Características

Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM:

X = 693434

Y = 9596449

Z = 2990





### **Fotografía 26. Deslizamiento 1**

Tiene una dirección de N 58° E, la forma de la ladera es convexa, ocupa una área de 72,70 kilómetros cuadrados con una longitud de 401 metros desde el escarpe hasta el pie del deslizamiento y un ancho promedio de 226 metros, presenta un deslizamiento rotacional, su mecanismo es sencillo y lento, la secuencia de repetición es progresiva y la actividad en que se encuentra es latente.

Muestra un escarpe evidente de forma semicircular con una área grande que es de más de 500 m<sup>2</sup>. La vegetación del escarpe es escasa con presencia de arbustos y matorrales.

La forma de la masa desplazada es que la longitud es mayor que el ancho ( $L > A$ ) y su estado se encuentra en forma de masa desintegrada. Otra característica importante es que presenta zonas inundadas, la vegetación de la masa desplazada es escasa con presencia de matorrales y pastizales. El plano de falla de la masa desplazada está compuesto de suelo residual.

La causa probable del movimiento es el exceso de agua, el factor disparador posiblemente sería las abundantes lluvias que se presenta en el lugar y por la infiltración de agua debido a que se encontró el nivel de agua superficial entre 27 y 30 centímetros.





El daño que causa este movimiento es principalmente a la vía y cabe notar que no se observa ningún tipo de medidas de estabilización.

El deslizamiento no tiene rasgos estructurales visibles, debido a que está compuesto de suelo residual y no existe la presencia de roca. (*Ver Fotografía 26*)

#### **9.2.1.2. Topografía**

El levantamiento topográfico se lo realizó con utilización de la estación total Trimble 5000, con un total de 209 puntos recolectados.

Como resultado de este levantamiento se obtuvo el Mapa Topográfico del deslizamiento 1 (*Ver Anexo 8, Mapa N°8*), a escala 1:2000, el cual se lo realizó en el software ArcGis 9.2.

El relieve de este deslizamiento es colinado alto cuya cota más baja es 2929 m.s.n.m. y la cota más alta es 3015 m.s.n.m.

#### **9.2.1.3. Geología Local**

Para la descripción de geología del deslizamiento no se encontró contacto entre los estratos, motivo por el cual no fue posible tomar el buzamiento de las capas, debido a esto

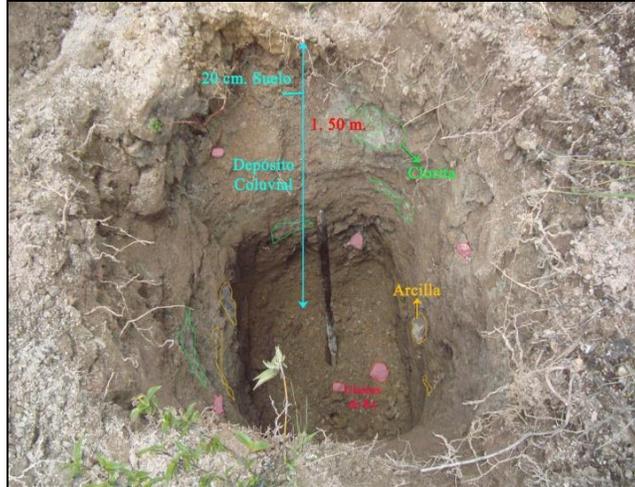


se realizó una calicata de 1.50 metros de profundidad por 2 metros de ancho, logrando así describir la geología local.

Este deslizamiento presenta dos clases de litologías compuestas por Suelos residuales que ocupan el 23 % y por Depósitos coluviales que ocupan el 77% del deslizamiento. *(Ver Anexo 8, Mapa N°9)*

Los suelos residuales producto de la influencia de la falla geológica que se encuentra cerca del lugar. Tienen una potencia de 15 metros, se los localiza en el escarpe, están compuestos de una mezcla de clastos de rocas redondeados con diámetros comprendidos entre 10 a 20 centímetros, arcillas de color gris a café y clorita de color verde pardo.

El depósito coluvial se hace presente en el centro y en el pie del deslizamiento ya que han sido transportados desde la corona por la gravedad; está compuesto por material no consolidado en el que se mezcla restos de clastos de roca, suelo orgánico, clorita y arcilla. En esta litología no se evidencia estratificación alguna ya que el material es no consolidado, esta composición está sustentada mediante la calicata que se realizó en el deslizamiento. *(Ver Fotografía 27 y Fig.24)*



Fotografía 27. Calicata del Deslizamiento 1

Coordenadas UTM: X= 693404; Y= 959644 y Z= 2996

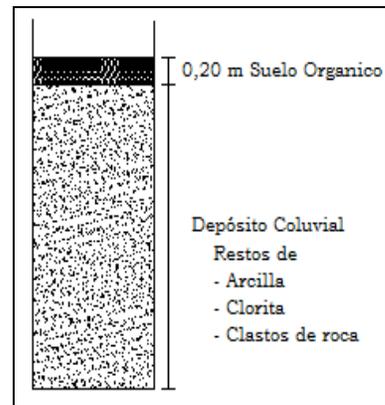


Fig.24. Litología del Deslizamiento 1

En este movimiento es muy evidente la presencia de aguas infiltradas ya que presenta manantiales y cárcavas con dimensiones de 30 centímetros de profundidad y 20 centímetros de ancho.



El nivel donde se puede observar el agua es de 27 a 30 centímetros de profundidad. (Ver Fotografía 28).



**Fotografía 28.** Nivel de agua en el Deslizamiento 1

Las coordenadas UTM de las calicatas realizadas para determinar la profundidad del nivel de agua superficial son:

Calicata 1: **X= 693460; Y= 9596432 y Z= 2980**

Calicata 2: **X= 693549; Y= 9596411 y Z= 2939**

Las coordenadas UTM de los ojos de agua encontrados son las siguientes:

Manantial 1: **X= 693409; Y= 9596451 y Z= 2996**

Manantial 2: **X= 693462; Y= 9596465 y Z= 2989**



Manantial 3:  $X= 693567$ ;  $Y= 9596434$  y  $Z= 2962$

#### 9.2.1.4. Cobertura Vegetal

El escarpe del deslizamiento es una zona no vegetada, mientras que la maza desplazada presenta escasa vegetación; en la parte lateral la vegetación está compuesta de matorrales densos bajos y en la parte del pie se hacen presentes matorrales y pastizales. Además existen zonas inundadas en la parte central y en el pie. (Ver Anexo 8, Mapa N° 10)

#### 9.2.1.5. Análisis de Suelos

De la calita realizada en la corona del deslizamiento se recolectó una muestra de suelo de aproximadamente 50 kilogramos la cual fue enviada al laboratorio PROYECONSUL (Ver Anexo 7), lográndose los siguientes resultados:

En el análisis de granulometría el suelo tiene un peso retenido acumulado de 3.414 gramos, peso total lavado de 552 gramos y un peso después del lavado 327 gramos.

En el análisis del contenido de humedad el peso húmedo es de 41.70, el peso seco es de 30.17 y el peso en capsula es de 4.21, dando un porcentaje de humedad del 44.41%.



En el diagrama del límite líquido se presentan como resultado del contenido de humedad cuatro valores que son: 43.15%, 43.50%, 45.21% y 46.26%. Dando un límite líquido (L.L.) de 45%. El límite plástico (L.P.) del suelo es del 29% y el índice de plasticidad (I.P.) es del 16%.

El tipo de suelo presente en este movimiento según la clasificación de suelos (S.U.C.S.) es Arena limosa SM y según la (AASHTO) es A-7-6 Suelo arcilloso, además tiene una cohesión de  $1.48 \text{ Kg/cm}^2$  y un ángulo de reposo natural o de fricción interna de  $28^{\circ}00'00''$ .

En base a los resultados anteriormente mencionados se estableció que el posible factor causante del movimiento es el exceso de aguas infiltradas ya que se comprueba con un alto porcentaje de humedad en el suelo, otro posible factor es el topográfico debido a que su pendiente es alta y el ángulo de reposo natural de la ladera tendría que llegar a los  $28^{\circ}$  para que el material encuentre equilibrio y se estabilice.

#### 9.2.1.6. Mineralización

Los análisis de mineralización se realizaron con el objeto de determinar que minerales se encuentran dentro del material que compone el deslizamiento.





La muestra de suelo que se utilizó para este análisis fue recogida de la calicata realizada para la descripción de la litología del lugar.

Se realizaron dos tipos de análisis de laboratorio, el primero el análisis petrográfico y el segundo el análisis mineralógico, de los que se obtuvo los siguientes resultados:

Mediante el análisis petrográfico se observó la presencia de clorita que es un aluminosilicato del grupo de los filosilicatos, está presente en color verde.

Además se observó caolín de color blanco que resulta de la alteración de los feldespatos y plagioclasas. También se pudo encontrar cuarzos cristalinos y teñidos con óxidos de hierro, silicatos de hierro oxidado transformándose en limonita que es un óxido de hierro, hornblenda (aluminosilicato o silicato, grupo de las anfíbolitas), sanidina (feldespato potásico), ortoclasa, biotita, dacita, hornblenda y cuarzo, todos producto de la descomposición de los feldespatos.

Mediante el análisis mineralógico se observó la de caolín, clorita en grandes cantidades, limonita, cristales de cuarzo y en pocas cantidades magnetita y piroxenos (cristales negros). (Ver Fotografía 29)



Fotografía 29. Muestras de suelo tomadas en el escarpe del Deslizamiento 1

## 9.2.2. Descripción del deslizamiento 2

### 9.2.2.1. Características

Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM:

$$X = 695363$$

$$Y = 9597287$$

$$Z = 2784$$

Tiene una dirección de N 40° E, la forma de la ladera es cóncava, ocupa una área de 70,31 kilómetros cuadrados, con una longitud de 425 m desde el escarpe hasta el pie del deslizamiento y un ancho promedio de 180 m., es un deslizamiento con reptación en la parte inferior, presenta un deslizamiento traslacional, su mecanismo es lento y múltiple, la secuencia de repetición es progresiva y la actividad en que se encuentra es latente.



**Fotografía 30.** Deslizamiento 2

Se observa un escarpe evidente de forma semicircular con una área grande que es de más de 500 m<sup>2</sup>. La vegetación del escarpe es escasa con presencia de arbustos y matorrales.

La forma de la masa desplazada es que la longitud es mayor que el ancho ( $L > A$ ) y su estado se encuentra en forma desintegrada. La vegetación de la masa desplazada contiene pastizales. El plano de falla del deslizamiento está compuesto de suelo residual.



El nivel de aguas infiltradas se encontró a 20 y 30 centímetros.

Además, cabe notar que no se encontró la presencia de roca, ya que está compuesto de suelo residual, tobas arenosas y depósitos coluviales.

El daño que causa este movimiento es principalmente a la vía ya que no existe ningún tipo de medida de estabilización.

#### **9.2.2.2. Topografía**

El levantamiento topográfico se lo realizó con utilización de la estación total Trimble 5000, con un total de 130 puntos recolectados.

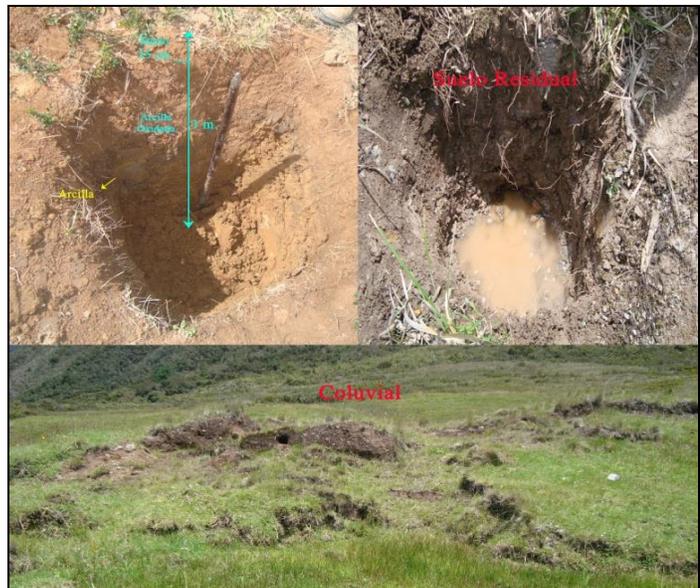
Como resultado de este levantamiento se obtuvo el Mapa Topográfico del deslizamiento 2 (*Ver Anexo 8, Mapa N°11*), a escala 1:2000, el cual se lo realizó en el software ArcGis 9.2.

El relieve de este deslizamiento es colinado bajo y presenta dos clases de movimientos que son deslizamiento de tierra y reptación, la cota más baja es 2733 m.s.n.m. y la cota más alta es 2812 m.s.n.m.



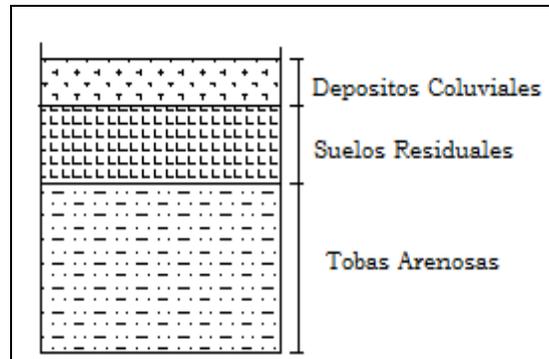
### 9.2.2.3. Geología Local

Para la descripción de geología de este movimiento no se evidenció contactos entre los estratos por lo que no fue posible tomar el buzamiento de las capas, por esta razón se realizó calicatas de 1 metro de profundidad por 2 metros de ancho (Ver Fotografía 31, Fig. 25), logrando así describir la geología local.



Fotografía 31. Calicata del deslizamiento 2

Coordenadas UTM: X= 695484; Y= 9597177 y Z= 2755



**Fig. 25.** Litología del deslizamiento 2

Este deslizamiento presenta tres clases de litologías compuestas por Suelos residuales que ocupan el 43 %, Depósitos coluviales que ocupan el 44% y por tobas arenosas de grano fino que ocupan el 13% del deslizamiento. (Ver Anexo 8, Mapa N°12)

El suelo residual se encuentra en la corona del deslizamiento producto de la influencia de la falla geológica que se encuentra cerca del lugar, está compuesto de una mezcla de suelo orgánico y arcillas de color gris a rojo. Las arcillas presentes en el deslizamiento son en su gran mayoría de coloración roja esto debido a la meteorización y a la presencia de óxidos de hierro.

Los depósitos coluviales se los localiza en el pie del deslizamiento, constituyen la masa desplazada a causa de la gravedad, presenta una mezcla de restos de suelo orgánico, tobas arenosas, arcillas y clastos de roca cuyos diámetros varían de 3 a 5 centímetros.



Las tobas arenosas se encuentran en el lado derecho del deslizamiento, presentan una granulometría arcillosa y un color rojo pardo.

En este movimiento el nivel de agua se aflora de 20 a 30 centímetros de profundidad. (Ver Fotografía 32)



**Fotografía 32.** Nivel de agua en el deslizamiento 2

Las coordenadas UTM de las calicatas realizadas para determinar la profundidad del nivel de agua superficial son:

Calicata 1: **X=** 695297; **Y=** 9597330 y **Z=** 2780

Calicata 2: **X=** 695449; **Y=** 9597258 y **Z=** 2769



#### **9.2.2.4. Cobertura Vegetal**

La vegetación de este deslizamiento esta compuesta en el escarpe por matorrales densos bajos, mientras que en la masa desplazada y el pie presentan pastizales, además en este deslizamiento se encuentra zonas inundadas en la parte central y en el pie del movimiento. (*Ver Anexo 8, Mapa N° 13*)

#### **9.2.2.5. Análisis de Suelos**

De la calicata realizada para la descripción litológica del deslizamiento se recolectó la muestra de suelo de aproximadamente 50 kilogramos la cual fue enviada al laboratorio PROYECONSUL (*Ver Anexo 7*), lográndose los siguientes resultados:

En el análisis granulométrico el suelo tiene un peso retenido acumulado de 3173 gramos, peso total lavado de 527 gramos y un peso después del lavado 97 gramos.

En el análisis del contenido de humedad el peso húmedo es de 45.19, el peso seco es de 32.52, el peso de capsula es de 4.36, dando un contenido de humedad de 44.99%.

En el límite líquido (L.L.) es del 44%, el límite plástico es del 30% y el índice de plasticidad (I.P.) es del 14%.





El tipo de suelo según la S.U.C.S. corresponde a limo de baja plasticidad con arena ML, y según la AASHTO es un A-7-5 Suelo Arcilloso, con una cohesión de 1.56 Kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna de 0°0'0''.

Con los resultados anteriormente descritos se ha establecido que el nivel de agua infiltrada dentro del suelo del deslizamiento es alto, aportando de esta manera para que el suelo se desestabilice y se constituya como un posible factor detonante. Además este deslizamiento presenta un ángulo de reposo natural de 0°, el cual tendría que alcanzar para lograr estabilizarse.

#### **9.2.2.6. Mineralización**

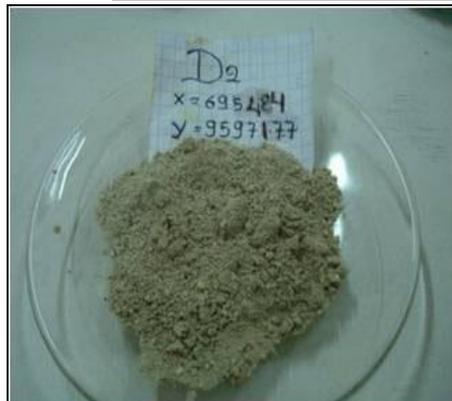
El análisis de mineralización se realizó con la muestra de suelo tomada de la calicata hecha en el pie del deslizamiento, con el objetivo de determinar que minerales se encuentran dentro del suelo que compone el deslizamiento. Se realizaron dos tipos de análisis de laboratorio, el primero el análisis petrográfico y el segundo el análisis mineralógico, de los que se obtuvo los siguientes resultados:

Mediante el análisis petrográfico observó la presencia de caolín alterado de color verde a gris y en algunos lugares de la muestra de color rojo esto debido a la oxidación por presencia de agua, además se pudo



observar limonita, piroxenos y arcilla con presencia de óxidos de hierro.

Mediante el análisis mineralógico se observó la muestra seca de color café pardo a gris, la cual evidencia gran cantidad de cristales negros cúbicos (piroxenos), además se observó cuarzo, caolín en el que algunos granos se encontraban en estado puro y otros con presencia de oxidación; y, magnetita y limonita pero en pequeñas cantidades. (Ver Fotografía 33)



Fotografía 33. Muestras de suelo tomadas en el pie del deslizamiento 2



### 9.2.3. Descripción del deslizamiento 3

#### 9.2.3.1. Características

Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM:

X = 695536

Y = 9598915

Z = 2625



Fotografía 34. Deslizamiento 3

Tiene una dirección de N 52° E, la forma de la ladera es cóncava, ocupa una área de 50.22 kilómetros cuadrados con una longitud de 216 metros desde el escarpe hasta el pie del deslizamiento y un ancho promedio de 224 metros, presenta un plano de



deslizamiento rotacional, su mecanismo es sencillo y lento, la secuencia de repetición es progresiva y la actividad en que se encuentra es latente.

Muestra un escarpe evidente con una área mediana que va entre 200 – 500 m<sup>2</sup>. La vegetación del escarpe tiene presencia de árboles, arbustos y pastizales.

La forma de la masa desplazada es que el ancho es mayor que la longitud ( $A > L$ ) y su estado se encuentra en forma de masa desintegrada, presenta zonas de alta humedad, la vegetación es escasa con presencia de pastizales. La superficie de falla está compuesta de suelo depositado.

Un causante posiblemente del movimiento es el exceso de agua y cargas de construcción como el tanque de agua ubicado en el lugar, el factor disparador podría ser las abundantes lluvias y por la infiltración de agua debido a las tuberías que se han colocado por la construcción de viviendas en la zona, estas tuberías no tienen ningún tipo de asesoramiento ni control profesional para su colocación.

El resultado de los factores antes mencionados producen un daño principalmente a la vía y se observa





como medida de estabilización la colocación de drenes ocasionales.

En el deslizamiento no se encontró la presencia de roca original ya que los clastos que se encontraron eran transportados y pertenecían al depósito coluvial.

### **9.2.3.2. Topografía**

El levantamiento topográfico se lo realizó con utilización de la estación total Trimble 5000, con un total de 120 puntos recolectados.

Como resultado de este levantamiento se obtuvo el Mapa Topográfico del deslizamiento 3 (*Ver anexo 8, Mapa N°14*), a escala 1:2000, el cual se lo realizó en el software ArcGis 9.2.

El relieve de este deslizamiento es colinado alto siendo la cota más baja es 2596 m.s.n.m. y la cota más alta es 2687 m.s.n.m.

### **9.2.3.3. Geología Local**

Para la descripción de geología de este movimiento no se evidenció contactos entre los estratos por lo que no fue posible tomar el buzamiento de las capas, por esta razón se realizó calicatas de 1.50 metros de profundidad por 2 metros de ancho (*Ver Fig. 30*), logrando así describir la geología local.



Este deslizamiento en su relieve montañoso presenta cuatro litologías que son, Suelo Orgánico que ocupa un 5%, Conglomerados que ocupan el 25%, Ignimbritas (Tobas) que ocupan el 31% y Depósitos coluviales que ocupan el 39%. (Ver Anexo 8, Mapa N°15)

Los conglomerados se encuentran en la corona del deslizamiento a 1.50 metros después del suelo orgánico, están compuestos por clastos angulares cuyos diámetros varían de 10 a 20 centímetros, su matriz es arcillosa de color amarillento.

Las ignimbritas son una variedad de tobas, se encuentran en la parte central y en el flanco izquierdo, presentan un color amarillento y pequeños clastos de roca con diámetros de 2 a 4 centímetros con una matriz arcillosa.

Los depósitos coluviales se encuentran en el pie de la ladera son producto del arrastre por gravedad desde la corona y centro del deslizamiento, se constituyen como la masa desplazada ya que son material suelto; presentan una mezcla de suelo orgánico, ignimbritas y clastos de rocas cuyos diámetros varían de 5 a 20 centímetros. (Ver fotografía 35 y Fig.26)



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



Fotografía 35. Calicata del deslizamiento 3

Coordenadas UTM: X= 695539; Y= 9598904 y Z= 2613

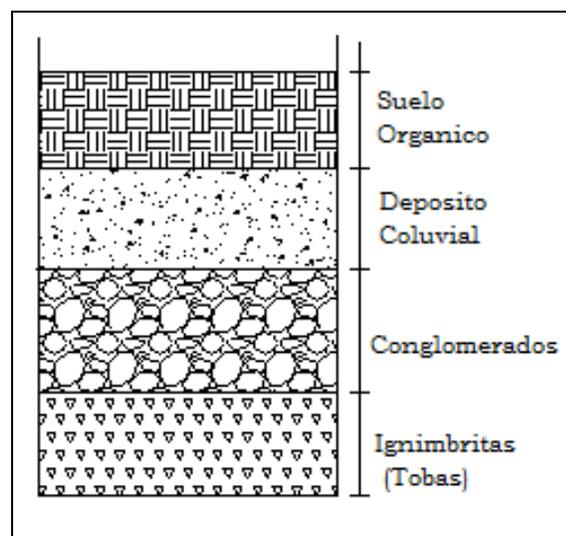


Fig.26. Litología del deslizamiento 3





#### **9.2.3.4. Cobertura Vegetal**

La vegetación de este movimiento consiste de; en el escarpe plantaciones de eucalipto, en el centro matorrales densos bajos y en la masa desplazada así como en el pie se observan pasto natural o también llamados pastizales. (Ver Anexo 8, Mapa N° 16)

#### **9.2.3.5. Análisis de Suelos**

La muestra de suelo fue recogida de la calicata realizada en el lado izquierdo del deslizamiento, con un peso aproximado de 50 kilogramos la cual fue enviada al laboratorio PROYECONSUL (Ver Anexo 7), obteniendo los siguientes resultados:

En el análisis de granulometría el suelo tiene un peso retenido acumulado de 5502 gramos, peso total lavado de 517 gramos y un peso después del lavado 172 gramos.

En el análisis del contenido de humedad el peso húmedo es de 54.71, el peso seco es de 44.43 y el peso en capsula es de 4.43, dando un porcentaje de humedad del 25.70%. El límite líquido (L.L.) de 48%. El límite plástico (L.P.) del suelo es del 22% y el índice de plasticidad (I.P.) es del 16%.

El tipo de suelo presente en este movimiento según la clasificación de suelos (S.U.C.S.) es Arcilla media



plasticidad arenosa CL y según la (AASHTO) es A-6 Suelo arcilloso, además tiene una cohesión de  $1.81 \text{ Kg/cm}^2$  y un ángulo de reposo natural o de fricción interna de  $0^{\circ}00'00''$ .

Basándose en los resultados anteriormente mencionados se determinó que el posible factor detonante del deslizamiento es la topografía del terreno ya que el ángulo de reposo natural de la ladera tendría que llegar a los  $0^{\circ}$  para que el material encuentre equilibrio y logre estabilizarse.

#### **9.2.3.6. Mineralización**

Con la muestra de suelo tomada de la calicata hecha al lado izquierdo del deslizamiento, se realizó el análisis de mineralización con la finalidad de determinar que minerales se encuentran dentro del material que compone el deslizamiento.

Se realizaron dos tipos de análisis de laboratorio, el primero el análisis petrográfico y el segundo el análisis mineralógico, de los que se obtuvo los siguientes resultados:

Mediante el análisis petrográfico se observó que la muestra pertenecía a una variedad de toba volcánica que recibe el nombre de Ignimbrita la cual está compuesta por sílice amorfo con fragmentos vítreos, la ignimbrita





presenta alteraciones de hierro, además se observó cuarzo, hematita (óxido de hierro) y caolín.

Mediante el análisis mineralógico se observó que la muestra seca presenta un color amarillo a café pardo, encontrando minerales oxidados, cristales de cuarzo, magnetita en pequeñas cantidades, limonita, piroxenos y caolín oxidado, alterado y contaminado. (Ver Fotografía 36)



**Fotografía 36.** Muestra de suelo tomada en el lado izquierdo del deslizamiento 3



### 9.3. Posibles Factores Detonantes, Desencadenantes o Gatillo

Para establecer los posibles factores detonantes en cada deslizamiento principal se analizó cinco clases de factores como:

- Factor Topográfico
- Factor Geológico
- Factor Climatológico
- Factor Antrópico, y,
- Factores Externos

En base al estudio realizado, se pudo establecer que en los deslizamientos los posibles factores detonantes que intervienen para que se produzca el movimiento son:

- Factor topográfico, debido a que la geometría del terreno en los 3 deslizamientos analizados es irregular; pertenece a zonas de pendientes altas con porcentajes de 25-55% y pendientes moderadas de 15 - 25%. Además para que las laderas de los deslizamientos logren su estabilidad tendrían que alcanzar ángulos de 28 y 0°.

- Factor geológico, debido a la presencia de una falla geológica localizada cerca de los deslizamientos analizados, la cual estaría aportando a la inestabilidad del terreno. Otro motivo es la litología que compone cada deslizamiento ya que en la gran mayoría están compuestos por material no consolidado con presencia de arcilla la cual funciona como impermeabilizante de las aguas infiltradas.





- Factor climatológico, ya que las precipitaciones en el lugar son muy frecuentes con promedios anuales de 800 a 900 mm., provocando un alto contenido de humedad en el suelo de los dos primeros deslizamientos ya que poseen un promedio del 45%.

- Factor antrópico, debido a la construcción de la vía que se realizó alterando las condiciones originales del terreno mediante la remoción del pie de la ladera y sin tomar en cuenta ninguna medida para estabilizar el terreno.

Otro motivo es la ubicación de un tanque reservorio de agua en el último deslizamiento, el cual ha sido ubicado en la parte superior de la ladera, mismo que estaría aportando peso al suelo. Aquí también se evidencia la colocación de una tubería utilizada para desalojar las aguas lluvias de una vivienda cercana al lugar, con la que estas aguas estarían depositándose en el centro del deslizamiento provocando la formación de coladas de barro y por ende contribuyendo de esta forma a la inestabilidad del terreno.

- Factor externo, ya que las vibraciones producidas por la gran cantidad de vehículos que transitan por el lugar diariamente aportan a que el terreno se desestabilice. Como factor externo también se ha considerado las infiltraciones de agua la misma que contribuye a la formación zonas inundadas.

Todas las condiciones anteriormente mencionadas aumentan la presión y disminuyen la resistencia del terreno.





#### 9.4. Susceptibilidad a Deslizamientos

La susceptibilidad de deslizamientos fue realizada a nivel regional, sin descuidar el tramo de estudio.

Con la utilización de las 5 bases digitales de los mapas de cobertura vegetal, pendientes, geología, isoyetas e isothermas, descritos anteriormente, se elaboró el mapa de susceptibilidad; logrando como resultado determinar 4 aéreas de susceptibilidad: área estable, poco susceptible, susceptible y muy susceptible. (Ver Anexo 8, Mapa N°22)

Regional y localmente, las zonas estables caracterizadas por pendientes bajas entre 0 y 15%; litologías compuestas de pórfido cuarcífero y tobas riolitas perteneciente a la Formación Tarqui; vegetación que contengan bosques muy densos y plantaciones de pino y eucalipto; con precipitaciones de 850 mm y temperaturas que fluctúan de 10 a 12°C. Todas estas características proporcionan condiciones menos favorables para que se produzcan los deslizamientos. Esta zona ocupa el 5% del lugar de estudio.

Las zonas de poca susceptibilidad se caracterizan por tener pendientes moderadas del 15 al 25%; litologías compuestas por arcilla; vegetación conformada por matorrales densos altos; precipitaciones de 850 mm y temperaturas de 10 a 12°C. Aquí las posibilidades de ocurrencia a movimientos de tierra van aumentando. Esta zona se encuentra ocupando un 20% del área.





En las zonas susceptibles las condiciones son más propensas a producir deslizamientos, ya que presenta características como pendientes altas del 25 – 55%; litologías compuestas de ignimbritas o tobas arenosas pertenecientes a la Formación Saraguro; vegetación conformada por matorrales bajos, cultivos y pastizales; precipitaciones de 850 a 900 mm y temperaturas de 10 a 12 °C. Esta zona se encuentra ocupando un 30% del área total.

En las zonas muy susceptibles presentan características como pendientes muy altas mayores al 55%; litologías compuestas por suelos residuales y depósitos coluviales; vegetación compuesta de pastizales; precipitaciones de 900 mm y temperaturas de 12 a 14°C, haciendo que las áreas enmarcadas en esta categoría tengan una mayor probabilidad de ocurrencia de movimientos de tierra. Esta zona ocupa el 45% del área.

Localmente la susceptibilidad dentro del tramo de estudio comprende los siguientes porcentajes:

ZONA	PORCENTAJE
Estable	10 %
Poco Susceptible	30 %
Susceptible	20 %
Muy Susceptible	40 %

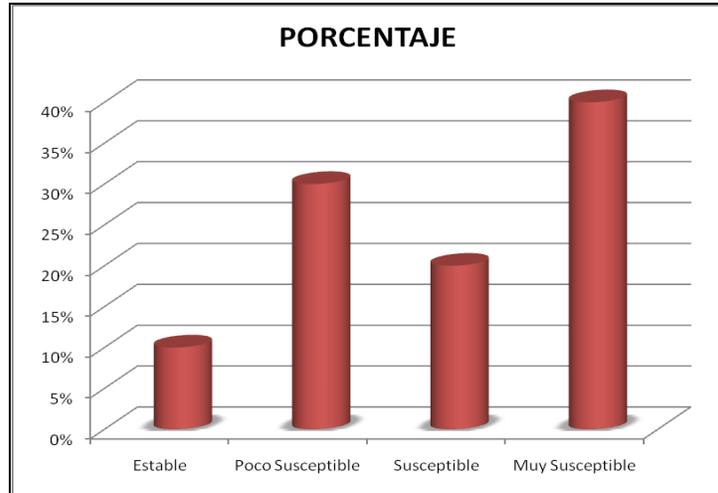
**Tabla 12.** Zonas Susceptibles y porcentajes.





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.



**Fig..27.** Porcentajes de Susceptibilidad en el área de estudio.





## 10. DISCUSION

El área de estudio se localiza al sur de la ciudad de Saraguro, en la vía Panamericana cuyo tramo está comprendido entre la entrada a la Comunidad "Quebrahonda" hasta la entrada a la Comunidad "Las Lagunas", esta zona presenta gran variedad de características altitudinales, geológicas, de vegetación y de composición del suelo.

Mediante el recorrido de campo se identificaron la existencia de siete deslizamientos dentro del tramo estudiado, considerando como principales y de gran interés a tres, a los que se les realizó un análisis a detalle; los cuales presentan una gran magnitud, se encuentran afectando directamente a la vía y ninguno posee medida de estabilización alguna.

La identificación, ubicación y caracterización de los tres deslizamientos principales encontrados en la vía, permitirá conocer con exactitud y veracidad las características particulares de cada uno de ellos, ya que para desarrollar este trabajo se lo hizo directamente en el campo.

En base a todos los datos e información recolectada se logró la elaboración de los diferentes mapas temáticos del área de estudio a escala 1:25000; y, la base detallada a escala 1:2000 de topografía, geología y cobertura vegetal para cada deslizamiento principal. Mientras que, para los cuatro deslizamientos secundarios o de menor importancia se realizó mapas topográficos a diferentes escalas.





Para determinar los posibles factores detonantes en cada deslizamiento se realizó en base a cinco factores, como son, el primer factor es el topográfico el cual consiste en tomar en cuenta las características del relieve y las pendientes, ya que la zona presenta relieves montañosos y pendientes moderadas y altas; el segundo factor es el geológico pues mediante la litología que compone cada movimiento se determina la probabilidad de ocurrencia a deslizamientos, como en el caso estudiado se determinó que está compuesto en su mayoría por suelos residuales y material coluvial con restos de arcilla, mismos que contribuyen a los movimientos de tierra; el tercer factor que se tomo en cuenta es el climatológico debido a que el lugar de estudio presenta precipitaciones consecutivas y altas que varían de 800 a 900 mm por año; el cuarto factor en ser tomado en cuenta es el antrópico ya que la construcción de la vía y obras civiles han afectado de manera significativa a las laderas del tramo analizado; y finalmente, los factores externos que son los producidos por las vibraciones de los vehículos que circulan por la vía y por las gran cantidad de infiltraciones de agua superficial encontradas en el lugar, las cuales han provocado la formación de cárcavas y ojos de agua.

La investigación de las posibles causas que producen inestabilidad de laderas y taludes implica el reconocimiento geológico de las zonas donde se producen deslizamientos, bajo condiciones de saturación, poniendo especial énfasis en los tipos de suelos, sus espesores y la facilidad o dificultad para el drenaje del agua que en ellos se presenta, dichas investigaciones se desarrollaron *in situ*, con el apoyo de la metodología presentada lo que permite realizar los análisis de estabilidad de ladera y recomendar los trabajos para la prevención de los deslizamiento.



Las fuertes lluvias tienden a saturar los suelos arcillosos y limosos, así como las zonas de suelos meteorizados o alterados, lo que incrementa su peso, incrementa las presiones y reduce su resistencia principalmente cuando el drenaje de agua existente dentro de estos es muy pobre, provocando deslizamientos de laderas y de taludes de carreteras.

En base a la información recolectada de pendientes, geología, cobertura vegetal, isoyetas e isotermas se obtuvo como resultado el mapa temático de susceptibilidad a deslizamientos, el cual se lo clasificó en cuatro zonas importantes: zona estable, poco susceptible, susceptible y muy susceptible. Esta información servirá como soporte técnico para conocer las áreas que tienen mayor susceptibilidad y por lo tanto, mayor peligrosidad y vulnerabilidad.





## 11. CONCLUSIONES

Con la realización y culminación del presente trabajo se puede definir las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo mapas topográficos y geológicos a escala 1:2000. Con el mapa topográfico se demuestra que la zona analizada tiene un relieve montañoso. Mientras que el mapa geológico muestra que la zona de estudio se encuentra dentro de la Formación Saraguro, compuesta de tobas arenosas principalmente, ignimbritas, lentes de conglomerados y suelos residuales.
- En el área de estudio se encontraron 7 deslizamientos, de los cuales se tomaron como principales a 3 por su gran magnitud y afectación a la vía.
- El principal factor detonante de los deslizamientos en el área de estudio se debe a la influencia de la falla geológica que pasa cerca del lugar.
- Otros posibles factores detonantes importantes son el topográfico, geológico, climatológico, antrópico y externo.
- Mediante el mapa de susceptibilidad a deslizamientos se obtuvo 5 zonas susceptibles: estable, poco susceptible, susceptible, muy susceptible; dentro del tramo de estudio ocupan un 10% las zonas estables, un 30% las áreas de baja susceptibilidad, un 20% de alta susceptibilidad y el 40 % de muy alta susceptibilidad.





## 12. RECOMENDACIONES

En base al desarrollo del presente trabajo se recomienda que:

- Aprovechar la información digital que se dispone de los mapas obtenidos acerca del área de estudio, para con la cual realizar medidas de mitigación para estabilizar el terreno.
- Se recomienda realizar un estudio geológico previo a la construcción de obras civiles como vías o viviendas.
- Aumentar la resistencia del suelo colocando canales o drenes en la corona y dentro de los deslizamientos, como medida para desalojar las aguas infiltradas y superficiales.
- En la masa desplazada se recomienda ubicar drenes californianas al pie de los deslizamientos.
- Cambiar la geometría del talud mediante el corte parcial o total de esté para tratar de alcanzar el ángulo de reposo natural.
- Reducir la pendiente a través de la construcción de terrazas sobre la pendiente ya que se remueve el material de la parte alta y se fortalece el pie del deslizamiento.
- Con la ayuda de ingenieros agrónomos o forestales, reforestar las zonas con plantas nativas y adecuadas para estabilizar los taludes.



## 13. BIBLIOGRAFIA

### LIBROS:

- GÓMEZ ORTIZ, David; MARTÍN CRESPO, Tomás; MARTÍN VELÁSQUEZ, Silvia. 1980. Introducción a la geología práctica.
- MELENDEZ, Fuster. 2003. Geología. 9ª edición, 2ª reimpresión.
- PFPL. DIAGNÓSTICO FORESTAL. 2004. Programa Forestal de la Provincia de Loja. Loja, Ecuador, H. Consejo Provincial de Loja.
- RIODUERO. Pequeño Diccionario de Geología y Mineralogía.

### TESIS:

- ELMES ÁNGULO, Max Eduardo. 2006. "Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el Piedmont de la comuna de Puente Alto". (Tesis Ingeniero Geógrafo).
- SANTACANA, Nuria. "Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de SIG". (Tesis Ingeniera Geóloga).

### MAPAS:

- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (I.G.M.). 1975. Carta Geológica De Saraguro. Mapa escala 1:100.000, Hoja A-55





- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (I.G.M.). 1973. Hojas Topográficas de los sectores Saraguro, Sauce, San Lucas, Las Juntas que pertenecen a la Provincia de Loja. Hojas N° 81, 82, 83, 84. Mapas escala 1:25.000. Serie J 821. Edición 1-I.G.M.

### **FOTOGRAFIAS:**

- PROYECTO CARTA NACIONAL. 1998. Fotografías Aéreas del Cantón Saraguro. N° Fotografías: 5436, 5437, 5438.

### **SITIOS WEB:**

- [<http://apgualan.wordpress.com/tag/saraguro/>]  
Información básica del cantón Saraguro [en línea]. [Consulta: 7 de Abril 2009].
- [<https://.google.com/accounts/Logging?service=print&continue=http://books.google.com.ec/books?op=library&hl=es>]  
Diccionarios [en línea]. Libros de geología práctica y aplicada., [Consulta: 1 de Abril 2009].
- [<http://www.inamhi.gov.ec>].  
INAMHI [en línea]. [Consulta: 29 de Abril 2009].
- [<http://www.nzdl.sadl.uleth.ca/glosario>].  
Diccionario [en línea]. Glosario de términos en google. [Consulta: 25 de Abril 2009].
- [<http://www.snet.gov.sv/Geología/.Deslizamientos/Info-basica>].  
Geología Básica [en línea]. [Consulta: 10 de Marzo 2009].
- [<http://www.snet.gov.sv/geologia/ deslizamientos>].  
Información geológica [en línea]. [Consulta: 15 de Marzo 2009].



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

# 10. ANEXOS





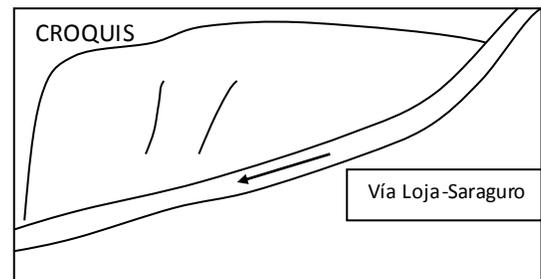
## ANEXO 1. Ficha Técnica para realizar Levantamiento Geológico

### 1.1.1.1.1.1.1 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

1.1.1.1.1.1.2 **PROYECTO:** *Caracterización de los principales deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la Comunidad Quebrahonda hasta la entrada a la comunidad Las Lagunas.*

### 1.1.1.1.2 DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

<b>AFLORAMIENTO Nro.:</b> 1
<b>COORDENADAS:</b> X:691251; Y:9595501;
<b>DIMENSIONES:</b> 11m x 39 m
<b>COTA:</b> 2900
<b>RELIEVE:</b> Llano ( x ) Bajo ( ) De colinas ( ) Montañoso ( )
<b>VEGETACION:</b> Exuberante ( ) Escasa ( x ) Color ( )
<b>FOTO Nro.:</b> 3
<b>FECHA:</b> 09/02/2009



### 1.1.1.1.2.1.1.1 PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	1.1.1.1.2.1.1	1.1.1.1.2.1.2	GRANULOMETRIA ARCILLA LIMO ARENA GRAVA	1.1.1.1.2.1.3	ORIENTACION	MUESTRA	DESCRIPCION
11	1	Tobas Arenosas De grano fino con presencia de vetillas de cuarzo	x	Rojo a café pardo	40° NE		El afloramiento presenta meteorización, un solo estrato que esta compuesto por tobas arenosas de grano fino, de color rojo a café, además presenta unas pequeñas intrusiones de cuarzo en forma de pequeñas vetillas con espesores de 0,2 cm.



1.1.1.1.2.1.3.1 **OBSERVACIONES:**

**ANEXO 2. Ficha Técnica para Caracterizar Movimientos en Masa.**

**1.1.2 CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA**

**1.1.3 PROYECTO:** Caracterización de los principales deslizamientos en la vía Loja-Saraguro desde la entrada a la Comunidad Quebrahonda hasta la entrada a la comunidad Las Lagunas

**1.1.3.1.1.1 DATOS GENERALES**

MOVIMIENTO Nro.	1
COORDENADAS	693434
	9596449
FOTO Nro.	26
ALTITUD:	2990
FECHA:	09/02/2009

**TALUD**

ALTURA:	30.m
DIRECCION:	58 °SE
ANGULO (inclinación de la ladera en grados):	85° aprox.
FORMA DE LA LADERA:	Recta ( ) Cóncava ( ) Convexa (x)
USO DEL TERRENO:	Arbustos y árboles (x) No vegetada ( ) Pastos ( ) Cultivos ( ) Residencial ( ) Vía presente ( )

**1.1.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO**

TIPO :	Deslizamiento (x) flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	401 m.
ANCHO (promedio de la zona de aporte):	226 m.
TIPO DE FALLA:	Indeterminada ( ) Rotacional (x) Traslacional ( ) Completa ( ) Múltiple ( )
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido ( ) Evento sencillo y lento (x) Múltiple y Rápido ( ) Múltiple y lento ( )
SECUENCIA DE REPETICION:	progresivo
ACTIVIDAD :	Inactivo ( ) Latente (x) Activo ( ) Actividad localizada ( )
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable ( ) Escarpe evidente (x) Escarpe vago ( )
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable ( ) Semicircular (x) Elongado ( )
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable ( ) Pequeña (<200 m <sup>2</sup> ) ( ) Mediana (200 – 500 m <sup>2</sup> ) ( ) Grande (>500 m <sup>2</sup> ) (x)
VEGETACION DEL ESCARPE:	No Aplicable ( ) No vegetada (x) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( )
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho (x) Longitud < ancho ( )
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta ( ) Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo ( )





\*CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA\*

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

No Presente ( )	
<b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b>	No Presenta zonas Húmedas ( ) Zonas de alta Humedad ( ) Zonas Inundadas ( x )
<b>VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA:</b>	No Aplicable ( ) No vegetada (x) Vegetación escasa ( ) arbustos ( ) Árboles ( )
<b>SUPERFICIE DE FALLA:</b>	Cubierta orgánica ( ) Suelo depositado ( ) Suelo residual (x) Relleno ( )
<b>CAUSA PROBABLE :</b>	Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( )
<b>FACTOR DISPARADOR :</b>	Desconocido ( ) Lluvias ( x ) Construcciones ( ) Otros (x)
<b>DANO:</b>	No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Areas de pasto ( ) Residencias ( )
<b>ESTABILIZACIÓN:</b>	No Visible (x) Muros ( ) Canales ( ) Drenes ( ) Otros ( )
1.1.3.2.1.1.1.1 <i>OBSERVACIONES: Otro tipo de factor disparador tenemos infiltraciones de agua, del que no se sabe el origen</i>	

### ANEXO 3. CODIGOS UTILIZADOS EN LA ESTACION

Código Utilizado	Significado
R	Relleno o material desplazado
C	Contorno o limite del deslizamiento
C1	Casa
V	Vía Panamericana
A	Punto Inicial de estación
B	Punto de referencia de la estación
B1	Punto corregido
C	Punto de estación



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

## ANEXO 4. PUNTOS TOMADOS CON LA ESTACION EN CADA DESLIZAMIENTO

### DESLIZAMIENTOS 1

PUNTO DE ESTACION.	X	Y	Z
A	693448	9596442	2985
B	693439	9596419	2983
A	693448	9596442	2985
B1	693438,72	9596418,29	2983,028
C	693699,79	9596460,99	2942,548
A	693448	9596442	2985

### DESLIZAMIENTOS 2

PUNTO DE ESTACION.	X	Y	Z
A	695363	9597287	2784
B	695360	9597298	2784
A	695363	9597287	2784
B1	695359,137	9597301,16	2785,406
C	695497,318	9597220,37	2761,837
A	695363	9597287	2784



"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

### **DESLIZAMIENTOS 3**

<b>PUNTO DE ESTACION.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
A	695562	9598855	2604
B	695561	9598845	2606
A	695562	9598855	2604
B1	695560,99	9598844,9	2603,767
C	695515,3	9598932,68	2607,5
A	695562	9598855	2604





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

## ANEXO 5. CAPAS CREADAS EN AUTOCAD

CAPA	DESCRIPCION
1	Limite
2	Curvas Principales
3	Curvas secundarias
4	Hidrología
5	Vía Principal





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

## ANEXO 6. SHAPES CREADOS EN ARCVIEW 3.2. Y ARCGIS 9.2

SHAPE	DESCRIPCION
Polígono	Limite
Líneas	Curvas de Nivel
Líneas	Hidrología
Líneas	Vía Principal





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

# **Anexo 7. ANALISIS DE SUELO REALIZADOS EN CADA DESLIZAMIENTO**





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

## Anexo 8. MAPAS





"CARACTERIZACION DE LOS PRINCIPALES DESLIZAMIENTOS EN LA VIA LOJA-SARAGURO, DESDE LA ENTRADA A LA COMUNIDAD QUEBRAHONDA HASTA LA ENTRADA DE LA COMUNIDAD LAS LAGUNAS, CANTON SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA"

Realizado por: TANIA QUITUISACA  
SILVIA TORRES E.

## **Anexo 9. FOTOGRAFÍAS AEREA**

