



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

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

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

**Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central
de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.**

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

AUTOR:

Cristhian Nicanor Castillo Prado

DIRECTOR:

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg.Sc.

LOJA – ECUADOR

2023

Educamos para Transformar



Certificación

Loja, 05 de abril de 2023

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.”** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Cristhian Nicanor Castillo Prado**, con cédula de identidad N° **0706069796**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



WALTER SIMÓN TAMBO
ENCALADA

Ing. Walter S. Tambo E., Mg.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

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

Firma:

Cédula de Identidad: 0706069796

Fecha: 06/04/2023

Correo electrónico: cristhian.castillo@unl.edu.ec

Teléfono: 0967968670



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

Yo, **Cristhian Nicanor Castillo Prado**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

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

Firma:

Cédula de Identidad: 0706069796

Dirección: Arenillas, Calles Mariscal Sucre y República del Ecuador

Correo electrónico: cristhian.castillo@unl.edu.ec

Teléfono: 0967968670

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Walter S. Tambo E. Mg.Sc.



Dedicatoria

Desde el fondo de mi corazón dedico este trabajo de investigación a Dios por los planes que ha designado en mi vida.

A mis padres, Gladys y Nicanor por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, a mi hermana Alexandra quien siempre ha estado conmigo cuando necesitaba un impulso para seguir adelante. A Florcita, la persona especial e incondicional que siempre tiene un consejo en los momentos difíciles.

A mis amigos que me dieron la confianza para compartir momentos inolvidables dentro y fuera de la Universidad.

Cristhian Nicanor Castillo Prado



Agradecimiento

Agradezco a Dios por mostrarme el camino a seguir, y por permitirme ver cumplir los objetivos de mi vida.

A mi familia y amigos por ser un pilar fundamental a lo largo de mi formación académica, y por enseñarme a sonreír en momentos complicados, a no bajar los brazos y ser optimista en cualquier situación.

A la Universidad Nacional de Loja por abrirme sus puertas para educarme profesionalmente. Al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Selva Alegre, por mostrarse cordiales en todo momento y prestos para dar una mano cuando se necesitó.

Al Ing. Walter Tambo, Director del Trabajo de Titulación, por el apoyo brindado y guía en el desarrollo del proyecto; y en general a todos los demás ingenieros de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que con sus enseñanzas y anécdotas aportaron en mi formación académica.

Cristhian Nicanor Castillo Prado



Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Susceptibilidad	6
4.1.1. Zonificación y mapeo de la susceptibilidad del terreno.....	6
4.1.2. Métodos de Susceptibilidad a deslizamientos.....	6
4.1.2.1. Métodos directos.	6
4.1.2.2. Métodos indirectos.	7
4.1.2.2.1. Metodologías heurísticas.	7
4.1.2.2.2. Metodologías estadísticas.	7
4.1.2.2.3. Metodologías determinísticas.	7
4.1.2.3. Método semi-cuantitativo.....	7
4.2. Movimientos en masa.....	8
4.2.1. Tipos de movimientos en masa.....	8
4.2.1.1. Deslizamientos.	8
4.2.1.2. Derrumbe o caída.	8
4.2.1.3. Basculamiento o alabeamiento.....	9
4.2.1.4. Coladas o flujos.....	9
4.2.1.5. Arrastre o hincamiento y extrusión lateral.	9
4.2.2. Clasificación de los deslizamientos	9



4.2.2.1.	Deslizamiento rotacional.....	9
4.2.2.2.	Deslizamiento traslacional.....	10
4.2.3.	Partes de un deslizamiento.....	10
4.3.	Topografía.....	11
4.3.1.	Curvas de nivel.....	12
4.4.	Geología.....	13
4.4.1.	Rocas ígneas.....	13
4.4.2.	Rocas sedimentarias.....	13
4.4.3.	Rocas metamórficas.....	14
4.4.4.	Geología estructural.....	14
4.4.4.1.	Planos geológicos: estratos - fracturas – fallas.....	15
4.4.4.1.1.	Fallas.....	16
4.4.4.1.2.	Pliegues.....	17
4.5.	Fotointerpretación.....	18
4.6.	Geomorfología.....	19
4.7.	Pendiente.....	19
4.8.	Uso de suelo.....	20
4.9.	Sistema de Información Geográfico.....	20
5.	Metodología.....	22
5.1.	Área de estudio.....	22
5.1.1.	Ubicación.....	22
5.1.2.	Acceso.....	23
5.2.	Materiales.....	24
5.2.1.	Materiales de campo.....	24
5.2.2.	Equipos de oficina.....	24
5.3.	Aspectos generales.....	25
5.3.1.	Clima.....	25
5.3.2.	Hidrología.....	27
5.3.3.	Geología regional.....	28
5.3.4.	Población y vivienda.....	29
5.4.	Métodos.....	31
5.4.1.	Metodología para el primer objetivo.....	31
5.4.1.1.	Topografía.....	31



5.4.1.2.	Pendientes.....	32
5.4.1.3.	Geomorfología.	33
5.4.1.4.	Uso de suelo	36
5.4.1.5.	Geología	39
5.4.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	41
5.4.3.	Metodología para el tercer objetivo	44
6.	Resultados.....	47
6.1.	Análisis de las variables para susceptibilidad a deslizamientos en el sector	47
6.1.1.	Topografía.....	47
6.1.2.	Pendientes	49
6.1.3.	Geomorfología	51
6.1.4.	Uso de suelo.....	67
6.1.5.	Geología local	69
6.1.5.1.	Columnas estratigráficas.	78
6.2.	Variables valoradas mediante el Método de Evaluación Multicriterio de Jerarquización Analítica de Saaty.....	82
6.2.1.	Aplicación de la matriz de jerarquización analítica de Saaty (AHP).....	85
6.3.	Zonificación de las áreas susceptibles a deslizamientos del área de estudio	88
7.	Discusión.....	92
8.	Conclusiones.....	94
9.	Recomendaciones.....	96
10.	Bibliografía	97
11.	Anexos	101



Índice de tablas:

Tabla 1. Materiales utilizados en campo.....	24
Tabla 2. Equipos de oficina.....	24
Tabla 3. Clima de la zona de estudio	25
Tabla 4. Precipitaciones de la Parroquia Selva Alegre	25
Tabla 5. Temperaturas de la Parroquia Selva Alegre.....	26
Tabla 6. Población de la Parroquia Selva Alegre.....	30
Tabla 7. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos	42
Tabla 8. Escala de Saaty para determinar el valor de x_{ij}	42
Tabla 9. Ejemplo de valoración	42
Tabla 10. Obtención de la ponderación final para las variables generales	44
Tabla 11. Criterio para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos	46
Tabla 12. Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	50
Tabla 13. Geomorfología de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	52
Tabla 14. Deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	52
Tabla 15. Uso de suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	68
Tabla 16. Litologías de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	70
Tabla 17. Afloramientos totales de la zona de estudio	77
Tabla 18. Valoración de la pendiente.....	82
Tabla 19. Valoración Geomorfológica.....	83
Tabla 20. Valoración uso de suelo	84
Tabla 21. Valoración geológica	84
Tabla 22. Obtención de la ponderación final para las variables generales	87
Tabla 23. Obtención del RC para verificación de la valoración	87
Tabla 24. Categorías y rangos de la susceptibilidad a deslizamientos.....	89
Tabla 25. Relación entre los deslizamientos y la susceptibilidad de la zona de estudio	91



Índice de figuras:

Figura 1. Deslizamiento Rotacional.....	9
Figura 2. Deslizamiento Translacional	10
Figura 3. Partes de un deslizamiento	10
Figura 4. Topografía	12
Figura 5. Fundamento de las curvas de nivel.....	12
Figura 6. Diferenciación entre rumbo, manteo y dirección	15
Figura 7. Diferenciación entre falla normal e inversa	16
Figura 8. Fallas de rumbo	17
Figura 9. Partes de un pliegue.....	17
Figura 10. Tipos de pliegue	18
Figura 11. Organización de datos en SIG	20
Figura 12. Ubicación de la zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	23
Figura 13. Quito – Catamayo.....	23
Figura 14. Saraguro – Zona Central Selva Alegre.....	24
Figura 15. Isoyetas de la Parroquia Selva Alegre	26
Figura 16. Isotermas de la Parroquia Selva Alegre	27
Figura 17. Hidrografía de la Parroquia Selva Alegre	28
Figura 18. Geología de la Parroquia Selva Alegre	29
Figura 19. Vuelo del Drone Phantom 4 en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	31
Figura 20. Puntos de control en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	32
Figura 21. Model Builder para la elaboración del mapa de pendientes.....	33
Figura 22. Hillshade de la zona de estudio	34
Figura 23. Litología - Drenaje y Modelamiento 3D, de la zona de estudio en ArcScene	35
Figura 24. Toma de puntos y geo-formas de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre .	35
Figura 25. Zonas de bosques y cultivos anuales de la Zona Central de la Parroquia.....	36
Figura 26. Nube de puntos Zona Central	37
Figura 27. Model Builder para la elaboración del Uso Actual de Suelo	37
Figura 28. Ráster preliminar de Uso de Suelo	38
Figura 29. Uso de suelo corregido de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	39
Figura 30. Levantamiento Geológico en campo	40
Figura 31. Model Builder para la obtención del Mapa de Susceptibilidad Final	45
Figura 32. Mapa Topográfico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	47



Figura 33. Mapa de Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	49
Figura 34. Mapa Geomorfológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	51
Figura 35. Deslizamiento 01	53
Figura 36. Deslizamiento 03.....	53
Figura 37. Deslizamiento 06.....	54
Figura 38. Deslizamiento 08.....	55
Figura 39. Deslizamiento 10.....	55
Figura 40. Deslizamiento 14.....	56
Figura 41. Deslizamiento 15	57
Figura 42. Deslizamiento 16.....	57
Figura 43. Deslizamiento 17.....	58
Figura 44. Deslizamiento 18.....	59
Figura 45. Deslizamiento 19.....	59
Figura 46. Barranco – Zona Central	60
Figura 47. Vertiente Rectilínea – Zona Central.....	61
Figura 48. Vertiente rectilínea con fuerte disección.....	62
Figura 49. Vertiente abrupta – Zona Central	62
Figura 50. Vertiente abrupta con fuerte disección.....	63
Figura 51. Vertiente heterogénea – Zona Central.....	64
Figura 52. Vertiente heterogénea con fuerte disección – Zona Central.....	64
Figura 53. Relieve volcánico colinado alto – Zona Central	65
Figura 54. Interfluvio de cimas estrechas – Zona Central	66
Figura 55. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	67
Figura 56. Mapa Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	69
Figura 57. Corte Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	70
Figura 58. Afloramiento 1 – Zona Central	71
Figura 59. Afloramiento 5 – Zona Central	71
Figura 60. Afloramiento 7 – Zona Central	72
Figura 61. Afloramiento 9 – Zona Central	72
Figura 62. Afloramiento 10 – Zona Central	73
Figura 63. Afloramiento 11 – Zona Central	73
Figura 64. Afloramiento 16 – Zona Central	74
Figura 65. Afloramiento 21 – Zona Central	74



Figura 66. Afloramiento 30 – Zona Central	75
Figura 67. Basaltos columnares y andesitas – Zona Central	75
Figura 68. Afloramiento 55 – Zona Central	76
Figura 69. Afloramiento 79 – Zona Central	76
Figura 70. Depósitos coluviales arcillosos	78
Figura 71. Depósitos coluviales - limos.....	78
Figura 72. Dep. Coluviales – tobas riolíticas.....	79
Figura 73. Depósitos coluviales de detritos	79
Figura 74. Depósitos fluviales	80
Figura 75. Intrusivo.....	80
Figura 76. Columna estratigráfica	81
Figura 77. Mapa de Susceptibilidad de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	88



Índice de anexos:

Anexo 1. Ficha para descripción de deslizamientos	101
Anexo 2. Ficha para descripción de afloramientos.....	101
Anexo 3. Ficha para descripción Geomorfológica	102
Anexo 4. Metodología de Clirsen (2012)	102
Anexo 5. Fotointerpretación de geformas	103
Anexo 6. Clasificación de pendientes según Demmek (1972).....	106
Anexo 7. Leyenda temática Nivel I y II, MAE-MAGAP-CLIRSEN.....	106
Anexo 8. Leyenda temática Nivel III y IV (Tierras Agropecuarias).....	107
Anexo 9. Valoración de las variables en la matriz de comparación por pares	108
Anexo 10. Mapa Topográfico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	110
Anexo 11. Mapa de Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	110
Anexo 12. Mapa Geomorfológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	110
Anexo 13. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.....	110
Anexo 14. Mapa Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	110
Anexo 15. Corte Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre	110
Anexo 16. Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de la Zona Central	110
Anexo 17. Relación de deslizamientos y susceptibilidad en la Zona Central	110
Anexo 18. Descripción de deslizamientos.....	111
Anexo 19. Descripción de afloramientos.....	122
Anexo 20. Descripción geomorfológica.....	142
Anexo 21. Certificación de traducción del resumen.....	151



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

1. Título

Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.



2. Resumen

El presente trabajo de investigación “Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja” cuenta con un área de 1505.46 hectáreas. En primer lugar se realizó el levantamiento de información en gabinete, para luego proceder en campo a la generación de la topografía, en la cual se consideró pendientes, red hídrica, red vial, infraestructura y poblados de la zona de estudio, siendo la base para la realización de las variables consideradas para el mapa de susceptibilidad. Para la confección cartográfica se hizo uso del método cuantitativo Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process, AHP), propuesto por Thomas Saaty en 1980, con lo cual se logró la valoración, ponderación y normalización de cada una de las variables llevadas a cabo. Dentro de la elaboración del mapa de susceptibilidad se empleó el programa ArcGIS 10.5, en el cual se confeccionó los mapas para cada variable, a su vez haciendo uso de las herramientas de ArcMap, dio paso al análisis, correlación e interpretación de los datos obtenidos en campo, y permitió la asignación de pesos a las variables consideradas en la zona (Pendientes, Geomorfología, Uso de Suelo y Geología), sectorizando así el área de estudio, para la categorización final del mapa de susceptibilidad. Finalmente para evidenciar los resultados de este proyecto se procedió a zonificar las áreas susceptibles a deslizamientos representados en un mapa de susceptibilidad final desarrollado bajo el Datum WGS 84 – Zona 17 Sur, con lo cual se logra calificar cada una de estas zonas, ante posibles fenómenos geológicos.

Palabras claves: *Susceptibilidad, Deslizamientos, Saaty, Geología, Geomorfología, uso de suelo*



2.1. Abstract

The present research work "Susceptibility to Landslides at 1:5000 scale, of the Central Zone of the Selva Alegre Parish, Saraguro Canton, Loja Province" has an area of 1505.46 hectares. In the first place, the information was collected in the office, to then proceed in the field to the generation of the topography, in which slopes, water network, road network, infrastructure and towns of the study area were considered, being the basis for the realization of the variables considered for the susceptibility map. For the cartographic preparation, use was made of the quantitative method Hierarchical Analysis Process (Analytical Hierarchy Process, AHP), proposed by Thomas Saaty in 1980, with which the assessment, weighting and normalization of each of the variables carried out was achieved. Within the elaboration of the susceptibility map, the ArcGIS 10.5 program was used, in which the maps for each variable were made, in turn making use of the ArcMap tools, gave way to the analysis, correlation and interpretation of the data obtained in field, and allowed the assignment of weights to the variables considered in the area (Slopes, Geomorphology, Land Use and Geology), thus sectorizing the study area, for the final categorization of the susceptibility map. Finally, to demonstrate the results of this project, we proceeded to zone the areas susceptible to landslides represented in a final susceptibility map developed under Datum WGS 84 - Zone 17 South, with which it is possible to qualify each of these areas, in the face of possible phenomena geological.

Key Words: *Susceptibility, Landslides, Saaty, Geology, Geomorphology, land use*



3. Introducción

La Zona Central de la Parroquia Selva Alegre se ve perjudicada directa e indirectamente por fenómenos geológicos, generando pérdidas importantes tanto para la parroquia como para el Cantón Saraguro.

Realizar un estudio de Susceptibilidad es muy importante ya que en el mismo se analizó variables como las siguientes: geológicas, geomorfológicas, pendientes y uso de suelo, que son valoradas con criterio técnico con el objetivo de obtener un mapa final.

El presente trabajo de investigación contribuye a la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre del Cantón Saraguro con un mapa de susceptibilidad a deslizamientos con la finalidad de dar a conocer de manera técnica a las autoridades y comunidad en general los problemas existentes en la zona de estudio.

El estudio realizado presenta una información más completa a la del PDOT de la Parroquia Selva Alegre (2019-2023), por lo que este trabajo contrasta dichos resultados; de la misma forma en lo geomorfológico el PDOT antes señalado no determina deslizamientos a detalle, lo cual son analizados y cartografiados en el presente estudio. Además estudios preexistentes dentro de la Parroquia muestran de la misma forma que los fenómenos geológicos más frecuentes son los deslizamientos, como resultado del uso indebido del suelo como los sistemas de irrigación antitécnicos; además de la agricultura, litología y asentamientos humanos irregulares.

La escala aplicada al proyecto de investigación es de 1:5000, siendo la topografía la base para la realización de cada uno de los mapas de las variables consideradas a estudiar, los mismos que son elaborados con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica, que también permitió la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos. Los resultados obtenidos se convierten en una herramienta para técnicos y autoridades de la Parroquia Selva Alegre y el Cantón Saraguro, que les permita diseñar estrategias de control y profundizar los estudios, logrando así minimizar el nivel de riesgo de la población frente a este tipo de amenaza.

Finalmente es importante que este proyecto sea manejado por las autoridades locales, para la regulación del uso de suelo, y expansión urbana.



Objetivos:

General

Determinar la Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.

Específicos

- Analizar y elaborar las variables aplicables en la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.
- Valorar las variables mediante el Método de Evaluación Multicriterio de Jerarquización Analítica de Saaty.
- Zonificar las áreas susceptibles a deslizamientos del área de estudio.



4. Marco teórico

4.1. Susceptibilidad

La susceptibilidad a deslizamientos se define, según Vargas (2004), como “la predisposición natural o potencialidad que tiene un área para que se presenten fenómenos de remoción en masa bajo la influencia de agentes tales como altas precipitaciones, cortes naturales y/o artificiales y sismos”

Según SGC (2015) predecir la susceptibilidad del terreno a los deslizamientos es la primera etapa para identificar zonas en estado de amenaza, para eventualmente evaluar el riesgo en el que pueda incurrir un bien o una comunidad.

Según los autores Guzzett, Reichenbach, Cardinali, Galli & Ardizzone (2005); Van Westen (2004), se conoce como susceptibilidad a la distribución espacial de un deslizamiento de tierra existente o que pueda ocurrir, en una zona de ladera en condiciones de inestabilidad.

4.1.1. Zonificación y mapeo de la susceptibilidad del terreno

Según Lince (2017) la zonificación es la delimitación de un espacio geográfico donde ocurre un fenómeno específico; los estudios de zonificación de susceptibilidad del terreno a los deslizamientos permiten identificar áreas de laderas que, por interacción entre factores condicionantes de inestabilidad del terreno son propensas a deslizamientos de tierra.

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- Sistema de la experiencia. - Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
- Sistema teórico. - Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible Contribución de cada uno de estos factores.

4.1.2. Métodos de Susceptibilidad a deslizamientos

4.1.2.1. Métodos directos.

Según (Brunsden et al. 1975, Humbert 1977, Hansen 1984, González Díez 1996). Los directos o empíricos, son métodos de cartografía sintética que acuden a la representación en forma de inventarios de los deslizamientos ocurridos en el pasado basándose en criterios geomorfológicos para delimitar las zonas de mayor amenaza, susceptibilidad o riesgo, ya que éstas representan áreas afectadas en el pasado y consecuentemente son las áreas que tienen una mayor probabilidad de deslizarse en el futuro. Un inconveniente de éstos métodos, radica en que la información geomorfológica utilizada es en general descriptiva y muchas veces depende



del conocimiento experto de la zona de estudio, lo que puede ocasionar el riesgo de que la información sea subjetiva, lo cual podría representar un sesgo a la hora de considerarla para fines de gestión y mitigación de los efectos de los peligros geológicos.

4.1.2.2. Métodos indirectos.

Los métodos indirectos analizan las correlaciones estadísticas entre la ocurrencia de deslizamientos y los factores condicionantes o desencadenantes considerados. Son métodos analíticos que combinan la interacción de diversos factores relacionados con la inestabilidad de las laderas y consideran que la ocurrencia de los deslizamientos está relacionada con los factores que controlan la inestabilidad. Estos métodos pueden clasificarse en: determinísticos, heurísticos y estadísticos o probabilísticos.

4.1.2.2.1. Metodologías heurísticas.

Se basan en la comprensión de los procesos geomorfológicos que actúan sobre el terreno. Se utilizan ampliamente para evaluar la susceptibilidad y se pueden resumir en: mapeo de los deslizamientos, mapeo de los factores ambientales que afectan la estabilidad de las laderas, estimación de las relaciones entre factores y fenómenos de inestabilidad y clasificación del terreno en regiones de diferente susceptibilidad (Clerici et al. 2002, citado por Aristizábal y Yokota 2006).

4.1.2.2.2. Metodologías estadísticas.

Esta metodología nos habla de predicciones estadísticas derivadas de una combinación de variables generadoras de deslizamientos en el pasado. Se utilizan tanto para evaluar la susceptibilidad como la amenaza a deslizamientos.

4.1.2.2.3. Metodologías determinísticas.

Se basan en modelos de estabilidad y se utilizan ampliamente para la evaluar amenazas.

4.1.2.3. Método semi-cuantitativo.

➤ El proceso de análisis jerárquico (AHP)

Fue desarrollado por Saaty, 1980. Está diseñado para resolver problemas de criterios múltiples. El AHP realiza una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión, tratando directamente con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo o criterio común representado en la jerarquía de decisión, (Saaty, 1980).

Para el análisis de la susceptibilidad de deslizamientos, dentro de un SIG, cual integran factores condicionantes de la inestabilidad de laderas como:

➤ Geología.



- Geomorfología.
- Pendientes.
- Uso actual del suelo.

Mediante técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases.

4.2. Movimientos en masa

Según Varnes (1978) los movimientos de masa, son desplazamientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son: los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad.

Según Alarn (2002), existen cinco mecanismos fundamentales de inestabilidad, que sirven como base para otras clasificaciones más específicas que son:

4.2.1. Tipos de movimientos en masa

4.2.1.1. Deslizamientos.

Se define como el movimiento de una masa de rocas o suelos a lo largo de una superficie de ruptura. Implica tanto fenómenos lentos como episodios rápidos. El movimiento puede ser tipo rotacional, traslacionales, planos o complejo. Pueden ser superficiales o profundo.

Según Zinck (1996), un deslizamiento corresponde a un desplazamiento de material en estado semi-sólido (entre el límite de encogimiento y el límite plástico), con poca lubricación hídrica pero frecuentemente asistido por la fuerza de gravedad. En general, el movimiento es instantáneo y rápido de carácter catastrófico, y ocurren en pendientes fuertes, naturales o artificiales.

4.2.1.2. Derrumbe o caída.

Según Varnes, (1978) citado por ALARN (2002), Sucede cuando la masa (por lo general de roca) o el bloque de piedra se desprenden de una ladera y cae por la acción de la gravedad, sin tener una real superficie de deslizamiento.

Según Zinck, (1996) la fuerza motriz de los desplazamientos de materiales por simple caída o desplome es la fuerza de gravedad. Por esta razón, las caídas se separan a veces de los movimientos en masa propiamente dicho y se clasifican en movimientos gravitacionales. El material se desplaza como sólido seco, sin o con limitada asistencia de agua, y cae al pie de una vertiente vertical dominante.



4.2.1.3. Basculamiento o alabeamiento.

Según ALARN (2002), Es una deformación rotacional de las cabezas de formaciones estratificadas muy empinadas, donde el centro de rotación se ubica en la parte baja de la masa inestable y es la parte superior que gira hacia fuera, a manera de un mástil que pivotea a partir de un eje inferior.

4.2.1.4. Coladas o flujos.

Movimiento de una masa de detritos sobresaturados casi en estado líquido, similar al de los fluidos viscosos de carácter rápido y generalmente formando un perfil longitudinal alargado, con un cono terminal.

Según Aguilar, (1996) Las coladas se clasifican de acuerdo a la naturaleza del material movido y de las velocidades del flujo. Los materiales pueden ser de composición homogénea (lodo, tierra) o mezclas de matriz fina con escombros (gravillas hasta bloques) la velocidad del desplazamiento varía en función de factores como el tipo y la densidad de la cubierta vegetal, la pendiente, la rugosidad de la micro topografía, el grado de disección de la topografía, la proporción sólida líquida, la granulometría del material, entre otros.

4.2.1.5. Arrastre o hincamiento y extrusión lateral.

Movimiento combinado de extrusión de una masa plástica o menos competente situada en la base y que soporta una masa tabular rígida que, una vez fracturada, sufre un movimiento vertical y horizontal.

4.2.2. Clasificación de los deslizamientos

4.2.2.1. Deslizamiento rotacional.

Según Cruden; Varnes (1996). Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe (Cruden & Varnes, 1996).

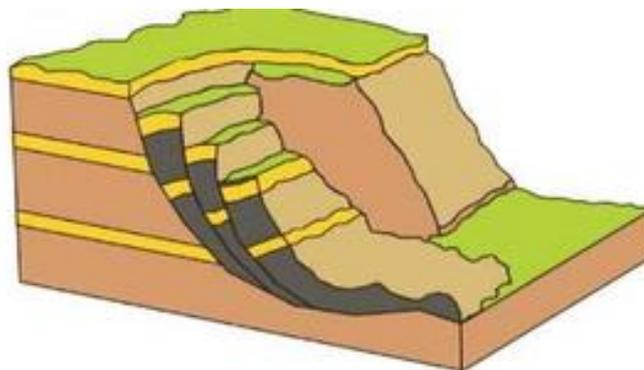


Figura 1. Deslizamiento Rotacional

Nota: Modificado de Gonzáles de Vallejos et al., (2002)



4.2.2.2. Deslizamiento traslacional.

La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno. La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados (Cruden & Varnes, 1996).



Figura 2. Deslizamiento Translacional
Nota: SGC (2015)

4.2.3. Partes de un deslizamiento

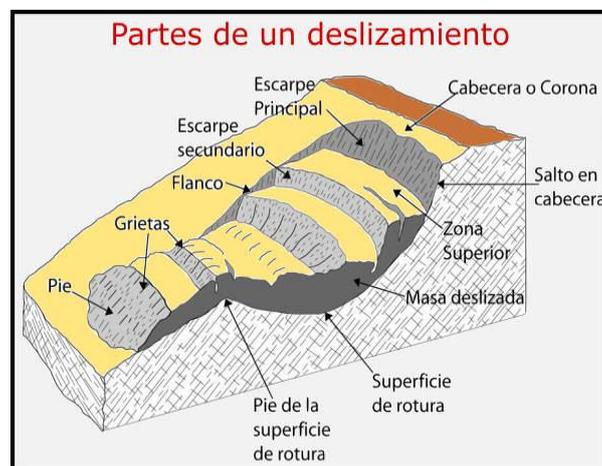


Figura 3. Partes de un deslizamiento
Nota: Geoweb (2019)

- Cabeza: Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- Cima: El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.



- Corona: El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- Escarpe principal: Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- Escarpe secundario: Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- Superficie de falla: Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- Pie de la superficie de falla: La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- Base: El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- Punta o uña: El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- Cuerpo principal del deslizamiento: El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. El movimiento puede presentar varios cuerpos.
- Superficie original del terreno: La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- Costado o flanco: Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.
- Derecha e izquierda: Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

4.3. Topografía

Según Rincón M. et al. (2017), una definición acertada sería, que, la topografía es la ciencia, por medio de la cual se establecen las posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre, encima y debajo de ella; para lo cual se realizan mediciones de distancias, ángulos y elevaciones. Además, como manifiestan Santana & Mosquera (2005), la topografía tiene como objeto de estudio la superficie terrestre, en cuanto a sus dimensiones y características, tiene por características que toma pequeñas extensiones de tierra y no tiene en cuenta la curva terrestre.

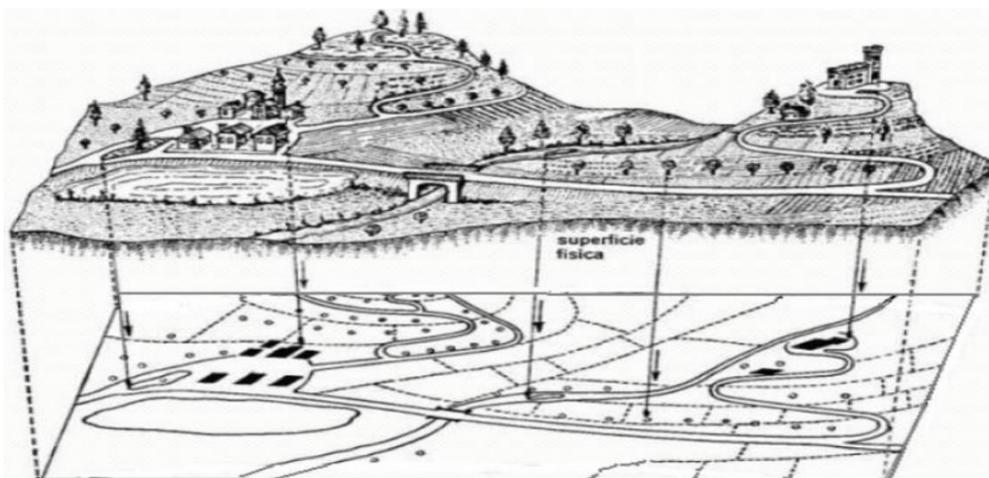


Figura 4. Topografía

Nota: Santana & Mosquera (2005)

Podemos sumar, que Rey J. (1999), manifiesta que no debemos perder que la topografía va a centrar su estudio en superficies de extensión limitada, de manera que sea posible prescindir de la esfericidad terrestre sin cometer errores apreciables. Para trabajar con grandes superficies será necesario recurrir a la Geodesia y a la Cartografía. En todo caso, en la mayor parte de trabajos, la Topografía tendrá que apoyarse en la Geodesia y en la Cartografía para obtener resultados correctos. Lo manifestado por este autor, es importante pues, manifiestan que la topografía no está sola, sino que se encuentra apoyada por otras ciencias que la complementan y amplían.

4.3.1. *Curvas de nivel*

Según Rey J. (1999), manifiesta que las curvas de nivel, pueden definirse como Isopletas que, en un mapa, representan la línea de intersección de un determinado plano horizontal con la superficie del terreno”, es decir, son curvas que unen puntos del terreno con la misma altitud. También se denominan isohipsas y, cuando representan el relieve submarino, curvas batimétricas.

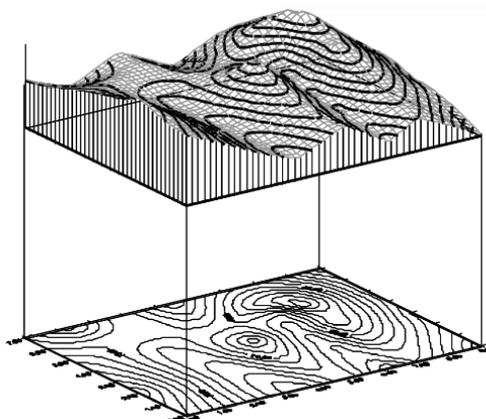


Figura 5. Fundamento de las curvas de nivel

Nota: Rey (1999)



Por otro lado, se puede considerar el criterio de Navarro S. (2008), que, de forma práctica, las define como líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar, y tiene el fin de mostrar el relieve de un terreno. Las curvas de nivel son uno de los variados métodos que se utilizan para reflejar la forma tridimensional de la superficie terrestre en un mapa bidimensional.

4.4. Geología

Según (Navarrete, 2005) la “Geología es la ciencia que concierne a la Tierra y los materiales de los que está constituida, los procesos que los formaron durante el tiempo geológico y el modelado de su superficie en el pasado y en el presente”.

A su vez existen diversos autores que unen la historia y la evolución, en términos de geología es ahí, donde Escobar (2020) afirma que:

La Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años. (Duque Escobar, 2020)

4.4.1. Rocas ígneas

En la Tierra existen dos ambientes geográficos de formación de rocas ígneas: el oceánico y el continental; por regla general en el oceánico estas rocas son ricas en minerales ferromagnesianos y se denominan rocas básicas o ultrabásicas y en el ambiente continental son ricas en minerales con abundancia de sílice y aluminio y se llaman rocas ácidas. Estas denominaciones se dan en función de la composición química de las rocas. Según la profundidad de formación, las rocas pueden ser plutónicas, cuando provienen del magma que se ha enfriado en el interior de la corteza; o volcánicas, cuando el magma se ha enfriado sobre ella. También puede ocurrir que el magma se enfríe próximo a la superficie, pero no sobre ella, conduciendo a rocas hipoabisales. (Duque Escobar, 2020)

Proceden de líquidos denominados magma, que por enfriamiento solidifican en un proceso ordenado de cristalización según determinado conjunto de minerales, dependiente de la composición de ese magma. Debido a ello, a las rocas ígneas también se las suele denominar rocas magmáticas. (Varela, 2014)

4.4.2. Rocas sedimentarias

Según (Duque Escobar, 2020) “Las rocas sedimentarias más importantes por su abundancia y en su orden, son: la lutita, la arenisca y la caliza. Aunque las rocas sedimentarias



constituyen una proporción muy pequeña del volumen de la corteza de la Tierra, son altas las posibilidades de encontrarlas en la superficie, donde tres cuartas partes de las rocas expuestas son sedimentarias.”

La acumulación puede ocurrir en medio ambiente marino o continental, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie, en desiertos, estepas, etc.). La materia acumulada consiste en fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos. (Varela, 2014)

4.4.3. Rocas metamórficas

En la corteza la temperatura aumenta en promedio 33 °C por Km. (1°C por cada 30 metros de profundidad), y la presión unas 1000 atmósferas cada 3 Km. (1 atmósfera cada 3 metros), por lo que a más de 200 °C y 2000 atmósferas (6000 metros) se forman rocas metamórficas como las granulitas, eclogitas, gneises y esquistos. Algunas rocas son de alta temperatura y baja presión (dorsales oceánicas), o baja temperatura y alta presión (zonas de subducción). (Duque Escobar, 2020)

Hay minerales que al variar las condiciones de su ambiente dejan de ser estables y desaparecen, con aparición de nuevas especies. Al mismo tiempo se produce un nuevo arreglo de texturas y estructuras, que tiene relación con el campo de esfuerzos durante el metamorfismo. (Varela, 2014)

4.4.4. Geología estructural

Es la disciplina científica que se ocupa del estudio de la deformación de la corteza tanto a escala pequeña como a gran escala. Su alcance es vasto, cubriendo desde el estudio de los defectos en los arreglos atómicos de los cristales hasta la estructura de las fallas y sistemas de pliegues en la corteza de La Tierra. El principal objetivo de la geología estructural es medir la deformación en la corteza para entender cuál fue la historia de deformación registrada por las rocas y cómo, cuándo y por qué se acumuló esta deformación. (Universidad de los Andes, 2016)

La geología estructural incluye a todos los procesos y elementos cuales están relacionados a las fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. En la geología estructural se analiza estructuras geológicas especialmente tectónicas para aclarar la acción de fuerzas dirigidas durante la historia geológica. Estos análisis, a parte de un alto interés científico en general, pueden apoyar la prospección o exploración. (Griem, 2020)



4.4.4.1. Planos geológicos: estratos - fracturas – fallas.

En la mayoría las rocas de la corteza terrestre muestran varios tipos de planos geológicos. Existen en general dos tipos de planos:

a) Foliosaciones primarias

Tienen su origen antes de la litificación, es decir durante la deposición. Ejemplos: Estratos, Flujo magmático. (Griem, 2020)

b) Foliosaciones secundarias

Tienen su origen después de la litificación: Todos los planos cuales se han formado a causa de fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. Ejemplos: Diaclasas, Fallas.

Concepto de rumbo, manteo, dirección de inclinación (Griem, 2020)

Para describir la orientación de un plano geológico matemáticamente se necesitan dos (o tres) propiedades:

- Dirección de inclinación
- Rumbo
- Manteo

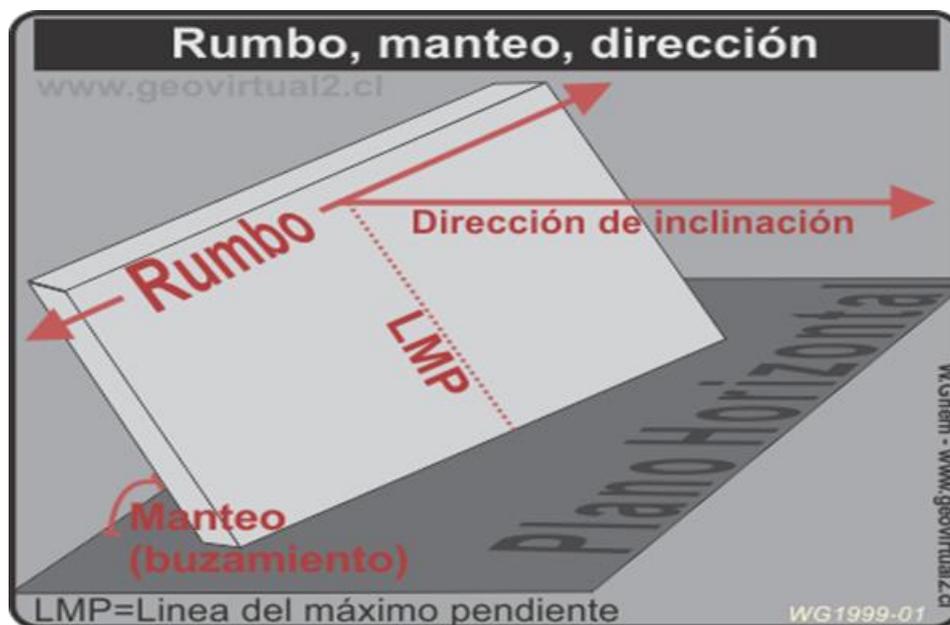


Figura 6. Diferenciación entre rumbo, manteo y dirección

Nota: Griem (2020)

El rumbo es la línea horizontal de un plano. El rumbo tiene dos direcciones de 180° de diferencia. La dirección de inclinación o dirección del buzamiento es la dirección hacia donde se inclina un plano. (Es la proyección horizontal de la línea de del máximo pendiente).

El manteo es el ángulo entre el plano y un plano horizontal. El manteo de un plano horizontal es 0°, de un plano vertical es 90°. (Griem, 2020)



4.4.4.1.1. Fallas.

Hay tres principales tipos de fallas: normal, inversa y de desplazamiento de rumbo (movimiento horizontal). (Red Sismológica Nacional, 2019)

Las fallas son roturas en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar movimiento. Este movimiento se llama desplazamiento. Origen de estos movimientos son fuerzas tectónicas en la corteza terrestre, cuales provocan roturas en la litosfera. Las fuerzas tectónicas tienen su origen en el movimiento de los continentes. (Griem, 2020)

- Fallas normales: constituyen planos a lo largo de los cuales un bloque “baja” con respecto al otro. Siempre se considera que es una falla normal si el bloque que está “encima” del plano (techo) baja con respecto al bloque que está “debajo” del plano (piso). Este tipo de fallas se origina por la separación de placas tectónicas, es decir, por distensión.
- Fallas inversas: provocan un levantamiento del suelo, es decir que el bloque que está encima del plano de falla (techo) “sube” con respecto al bloque que está debajo del plano (piso). (Red Sismológica Nacional, 2019)

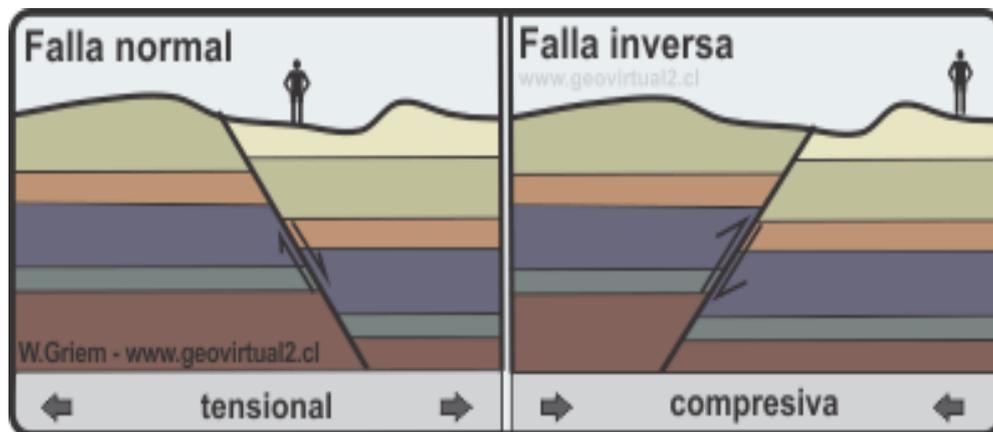


Figura 7. Diferenciación entre falla normal e inversa

Nota: Griem (2020)

Según Griem (2020), en la revista Apuntes de Geología “Las fallas tectónicas con desplazamientos verticales se pueden diferenciar entre fallas normales y fallas inversas. Las fallas normales marcan una cierta tendencia expansiva, las fallas inversas una tendencia compresiva.”

- Fallas de desplazamiento de rumbo son un tipo de falla en la cual el movimiento general es paralelo al rumbo de la superficie de falla y los bloques se desplazan lateralmente uno respecto al otro. Usualmente, las evidencias que se buscan en el campo para



encontrar estas fallas son filas de árboles desplazados, cauces de ríos desplazados, cercas desplazadas lateralmente, entre otros. (Red Sismológica Nacional, 2019)



Figura 8. Fallas de rumbo
Nota: (Griem, 2020)

4.4.4.1.2. Pliegues.

Según Arellano (2010) “Un pliegue es una estructura secundaria resultado de deformación dúctil heterogénea, la cual se manifiesta como una o varias ondulaciones de sus elementos originales.”

Las partes de un pliegue son:

- Flanco o limbo. Es la superficie de uno de los lados del pliegue. Cada pliegue tiene dos flancos.
- Cresta. Es el punto más alto en la superficie plegada.
- Valle. Es el punto más bajo en la superficie plegada.
- Punto de charnela. Es el punto de máxima curvatura del pliegue.
- Línea de Charnela. Es la línea que une los puntos de máxima curvatura de un pliegue y pasa por los puntos de charnela.
- Superficie o plano de charnela (plano axial). Superficie que contiene las líneas de charnela de un pliegue en un mismo plano estructural. (Arellano, 2010)

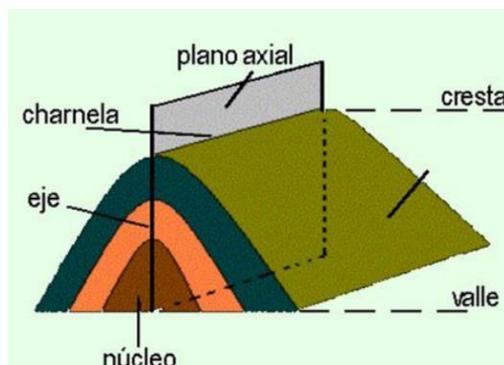


Figura 9. Partes de un pliegue
Nota: (CATEDU, 2018)



En los pliegues al igual que en las fallas se encuentran diferentes tipos:

- Anticlinales. Son pliegues que presentan una superficie convexa hacia el exterior del pliegue. En ellos los estratos que conforman el núcleo son los más antiguos y los más modernos se localizan en los flancos.
- Sinclinales. Son pliegues que presentan una superficie convexa dirigida hacia el interior del pliegue. En este caso los estratos más modernos están situados en el núcleo y los más antiguos en los flancos. (CATEDU, 2018)
- Monoclinal. Flexión o inclinación estructural en una sola dirección, semejante a un escalón, en zonas donde predominan capas horizontales.
- Homoclinal. Flexión estructural en una sola dirección con echado uniforme, es semejante a una rampa. (Arellano, 2010)
- Anticlinorios. Los pliegues presentan una convergencia de los planos axiales hacia el interior.
- Sinclinorios. En esta asociación de pliegues los planos axiales divergen hacia el interior. (CATEDU, 2018)

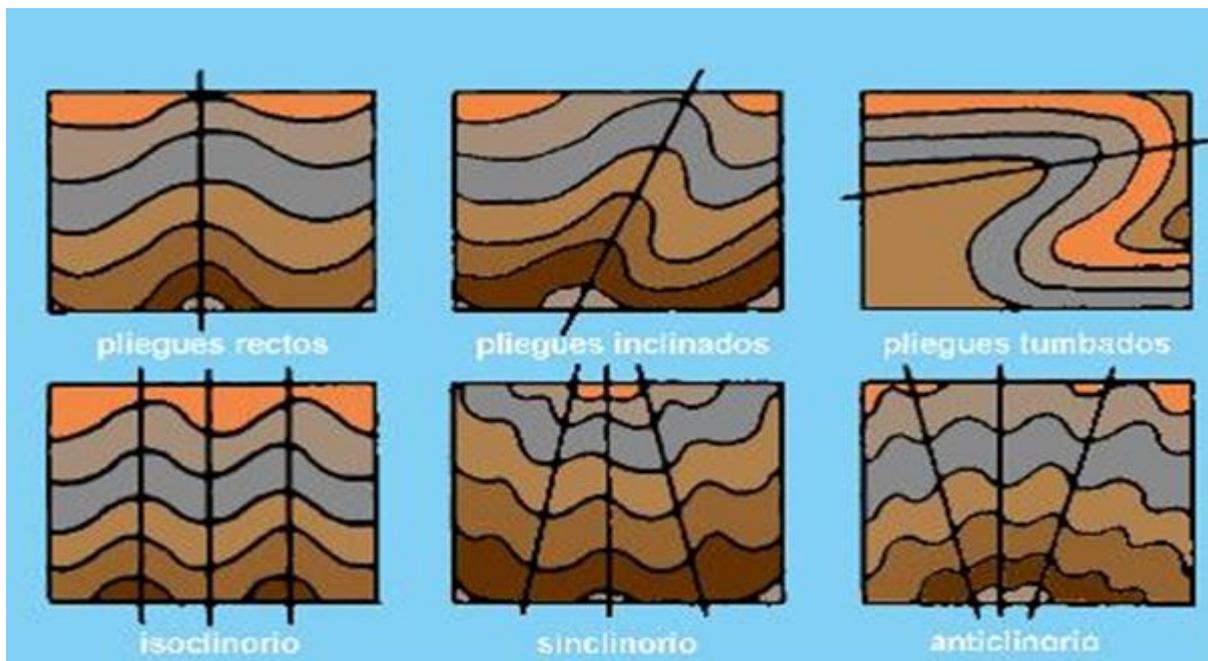


Figura 10. Tipos de pliegue

Nota: Educarex (2004)

4.5. Fotointerpretación

La American Society of Photogrammetry define la interpretación de fotografías aéreas como “el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetivos y juzgar su importancia.



De aquí que, la aplicación de la foto-interpretación con fines de estudio en varias ciencias según la mencionada sociedad como bases principales los aspectos siguientes.

- Muestra imágenes del terreno que son fiel reproducción de los objetos que existen en la superficie.
- Vistas dos fotografías sucesivas a través del estereoscopio se pueden apreciar tridimensionalmente los objetos, percibiéndose su forma que en simples fotografías puede parecer amorfa.
- Muestra áreas suficientemente grandes con lo cual se obtiene un panorama más amplio.
- La exageración de la distancia vertical, que se aprecia mediante la observación de pares estereoscópicos, se constituye en una ayuda al intérprete, ya que enfatiza sobre los objetos pequeños.
- La permanencia y fidelidad de la imagen fotográfica permite al intérprete hacer mediciones y un estudio completo y cuidadoso del área.
- Fotografías del mismo lugar tomadas en diferentes épocas, permiten hacer un estudio comparativo de los cambios que puedan suceder en el área.
- La problemática de los recubrimientos territoriales y solape de los vuelos.

4.6. Geomorfología

La geomorfología representa las diferentes geoformas de un sitio, su génesis y formación; en palabras técnicas la geomorfología es la ciencia que se encarga del estudio de las diferentes formas de la superficie terrestre y los procesos que la crean y modelan (Summerfield, 1991). Además, según Blaszczynski (1997), las formas del relieve son elementos geomorfológicos que se producen en la superficie abarcando pequeños lomeríos y paisajes hasta grandes geoformas como llanuras y sistemas de montañas.

La elaboración de mapas geomorfológicos lleva consigo la aplicación de diversas metodologías, siendo una de las más usadas la propuesta por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remoto, (CLIRSEN) en los cuales se levanta información desde la génesis, morfología, pendientes, y desnivel relativo.

4.7. Pendiente

La pendiente es el gradiente de inclinación de la línea de máxima pendiente tangente al terreno en un punto respecto a la horizontal. Se suele expresar en porcentaje, y en grados sexagesimales.



La orientación u exposición es el ángulo que forma la línea de máxima pendiente de un elemento de la superficie del terreno con respecto al Norte geográfico, medido en sentido de las agujas del reloj. (Universidad de Granada, 2015)

4.8. Uso de suelo

Según PAOT (2016) El uso de suelo determina las actividades permitidas al interior de un predio.

Los Programas de Desarrollo Urbano y Parciales de Desarrollo Urbano establecen los usos de suelo permitidos en cada demarcación territorial.

Los Programas de Desarrollo Urbano determinan los usos de suelo con el interés de ordenar el tipo de actividades que se pueden realizar en cada zona. No obstante, debe recordarse que muchos predios tienen derechos adquiridos por usos de suelo continuos a lo largo de varios años, por lo que la concurrencia de usos de suelo en una misma zona no necesariamente es resultado de un proceso de planeación. (PAOT, 2016)

4.9. Sistema de Información Geográfico

“Los SIG son un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personas y procedimientos; organizados para almacenar, actualizar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente”. (Huxhold y Levinsohn, 2001)

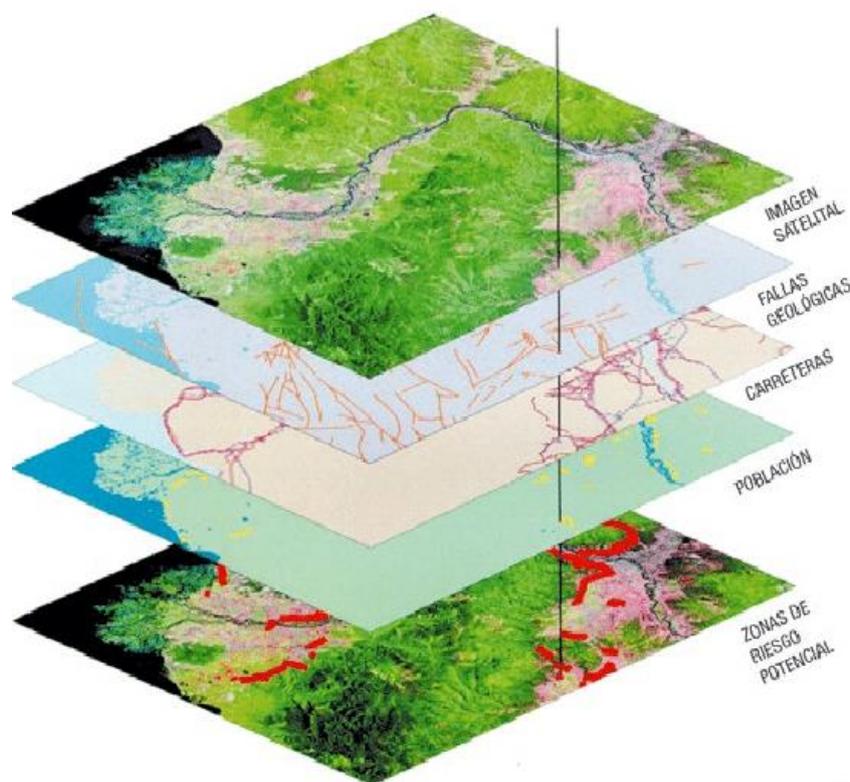


Figura 11. Organización de datos en SIG
Nota: Landau (2014)



Según Cebrian (1988) expresa que es un sistema de información compuesto de hardware, software y diferentes procedimientos para manejar, capturar, manipular, analizar, modelar y representar datos georeferenciados, con la finalidad de resolver los distintos problemas y objetivos de gestión y planificación.



5. Metodología

5.1. Área de estudio

El cantón Saraguro, está ubicado en el norte de la provincia de Loja y al sur del Ecuador, cuya superficie es de 1082.70 Km² (108270.22 ha) que representa el 10,02% de la superficie total de la provincia y es uno de los cantones más extensos de la provincia de Loja. Se ubica a 64 Km de la cabecera provincial, Loja. Altitudinalmente varía desde 1000 - 3800 m s.n.m. Su cabecera cantonal es Saraguro, que se encuentra a una altitud de 2485 m s.n.m.

Saraguro, designando como cabecera cantonal, a la parroquia urbana del mismo nombre. En la actualidad se encuentra integrado por una parroquia urbana: Saraguro y diez parroquias rurales: San Pablo de Tenta, El Paraíso de Celen, Selva Alegre, Lluzhapa, Manú, San Sebastián de Yúluc, Urdaneta, San Antonio de Cumbe, El Tablón y Sumaypamba.

Políticamente la parroquia se divide en 8 Comunidades rurales, 3 sectores rurales, 1 Barrio Urbano y el centro urbano de Selva Alegre. La zona central de estudio en la parroquia Selva Alegre, comprende al Barrio Central en conjunto con las comunidades de Carapalí, La Esperanza, Suro y San Vicente. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

5.1.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada al sur del Ecuador, Provincia de Loja, Cantón Saraguro, en la zona central de la Parroquia Selva Alegre. La zona este, central y oeste fue dividida con la ayuda de la herramienta Parcel Fabric en ArcGIS 10.5, donde se obtuvo los polígonos iguales y simétricos para cada zona.

La zona central parroquia Selva Alegre, se encuentra ubicado en la cordillera Occidental de los Andes, a una distancia de 41 Km. de la ciudad de Saraguro y a 101 Km de la ciudad de Loja.

Ubicándose en el Nor-Occidente del cantón Saraguro. Coordenadas UTM-DATUM WGS84-Zona 17s.

Norte: X=684476 m Y=9610465 m

Sur: X= 679378 m Y= 9602401 m

Este: X= 688618 m Y=9609881 m

Oeste: X=678162 m Y=9603105 m

Sus límites son:

Norte: Río Curiyacu, Quebrada Peña Blanca y la parroquia Lluzhapa;

Sur: Río San Vicente y la parroquia El Paraíso de Celen;



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

Este: Río Naranjo y la parroquia San Pablo de Tenta

Oeste con la parroquia Manú y El Paraíso de Celen. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

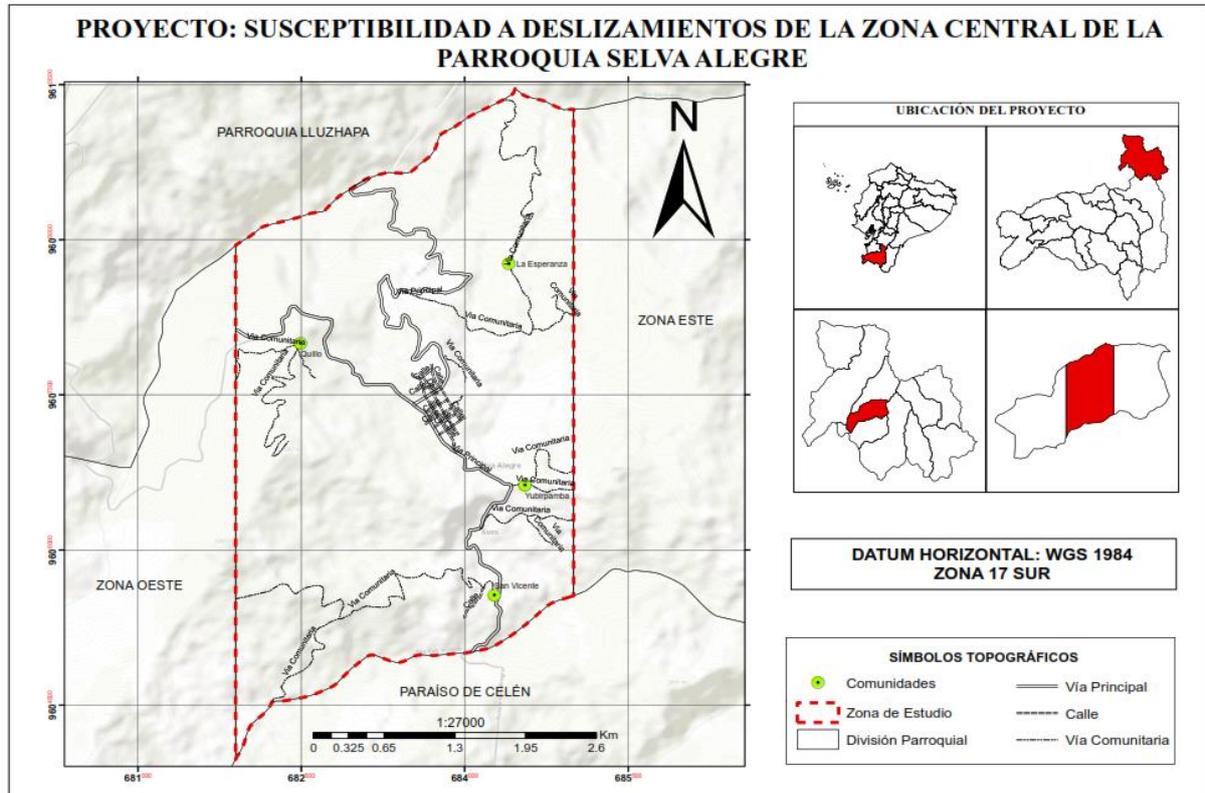


Figura 12. Ubicación de la zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).

5.1.2. Acceso

El acceso principal al área de estudio, se lo realiza por vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta el Aeropuerto “Ciudad de Catamayo”.



Figura 13. Quito – Catamayo
Nota: Google Earth (2022) – Editado por: Castillo C. (2023)



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

Después se debe continuar por vía terrestre 92.1 km a través de la carretera Catamayo - Saraguro. Desde Saraguro 41 km, con un tiempo de 1h 30 min, hasta la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

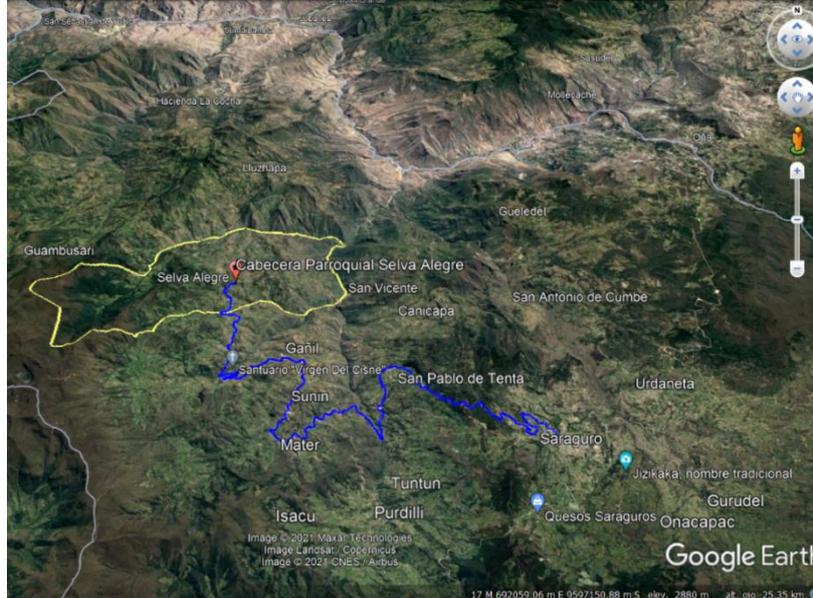


Figura 14. Saraguro – Zona Central Selva Alegre
Nota: Google Earth (2022) – **Editado por:** Castillo C. (2023)

5.2. Materiales

5.2.1. Materiales de campo

Tabla 1. Materiales utilizados en campo

GPS Garmin DAKOTA
GPS Geodésico Trimble R6
Brújula tipo Brunton
Martillo Geológico
Ácido Clorhídrico al 10%
Fichas geológicas, deslizamientos, geomorfológicas
Cámara fotográfica
Libreta de campo y cita métrica
Drone Phantom 4

Nota: Castillo C. (2023).

5.2.2. Equipos de oficina

Tabla 2. Equipos de oficina

Carta topográfica del Cantón Saraguro escala 1:50000
Carta geológica del Cantón Saraguro escala 1:50000
Carta Topográfica Selva Alegre escala 1:50000
Software ArcGIS 10.5
Software SedLog 3.1
App Avenza Maps
Software Pix4Dmapper
Ortofotos escala 1:5000
Computadora portátil

Nota: Castillo C. (2023).



5.3. Aspectos generales

5.3.1. Clima

La zona Central de la Parroquia Selva Alegre contempla un clima templado y frío, viento en ciertas épocas del año, con un rango de temperatura entre 7° y 18° C, en la parte más alta de la parroquia con clima frío típico de la zona andina. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

Tabla 3. Clima de la zona de estudio

Clima	Área (ha)	%	Uso actual de suelos	Precipitación (mm/año)	Aptitud Agrícola	Características
Ecuatorial mesotérmico-seco	682.69	15.11	Pastizal, cultivos subtropicales	500-700	Bosque	Media concentración de áreas prioritarias de restauración. Baja concentración de áreas con convenio de restauración (GAD de Selva Alegre). Baja concentración de concesiones de agua. Presencia de área de protección hídrica. Presencia del área bajo conservación (Guambuzá).
Ecuatorial mesotérmico-co-semi húmedo	2894.17	64.08	Pastizal, páramo, bosque, cultivos andinos	700-1100	Cultivo, pasto	Alta concentración de áreas prioritarias de restauración. Alta concentración de áreas con convenio de restauración (GAD de Selva Alegre).
Ecuatorial de alta montaña	939.53	20.80	Bosque, matorral, páramo	1100-1300	Bosque	Baja concentración de áreas prioritarias de restauración. Presencia del área de conservación (Guambuzá). Presencia del área de protección hídrica.

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

Tabla 4. Precipitaciones de la Parroquia Selva Alegre

Rango de Precipitación mm/año	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Características
500-600	176.31	3.9	En estos rangos de precipitación están inmersos todos los poblados, incluida la concentración áreas prioritarias y bajo convenio de restauración y las concesiones de agua.
600-700	1020.72	22.6	
700-800	1116.55	24.72	
800-900	727.38	16.11	
900-1000	571.47	12.65	
1000-1100	612.56	13.56	
1100-1200	290.69	6.44	Ubicado en las áreas de protección hídrica y de conservación, se encuentran ubicados hacia el Suroeste de la parroquia.
1200-1300	0.7	0.02	

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

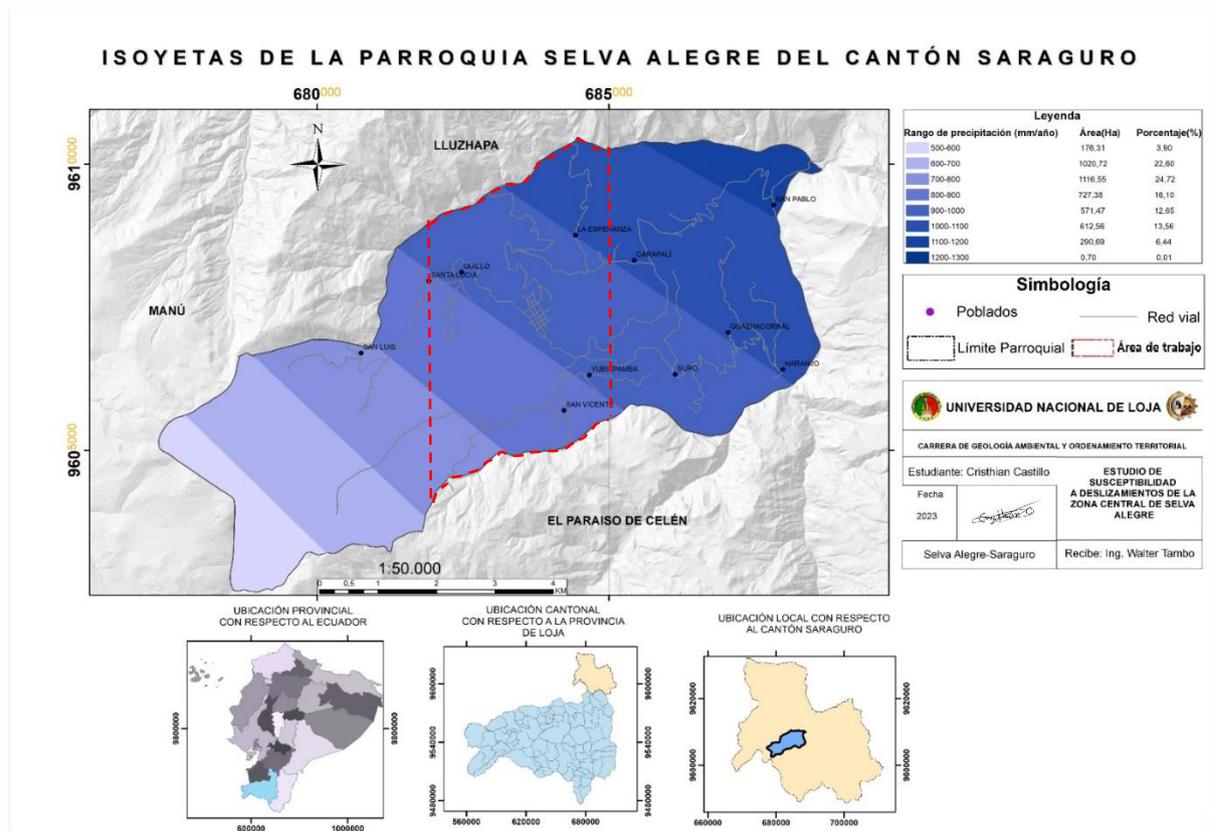


Figura 15. Isoyetas de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

Tabla 5. Temperaturas de la Parroquia Selva Alegre

Rango (°C)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Características
8-10	1195.46	26.47	Se encuentran en las áreas de protección hídrica y conservación comuna Guambuza. Ubicado en las zonas altas de Suroeste.
10-12	853.63	18.9	Se concentran en todos los puntos poblados e incluidas en la concentración áreas prioritarias y bajo convenio de restauración y las concesiones de agua.
12-14	1345.21	29.79	
14-16	1100.87	24.37	
16-18	21.23	0.47	

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

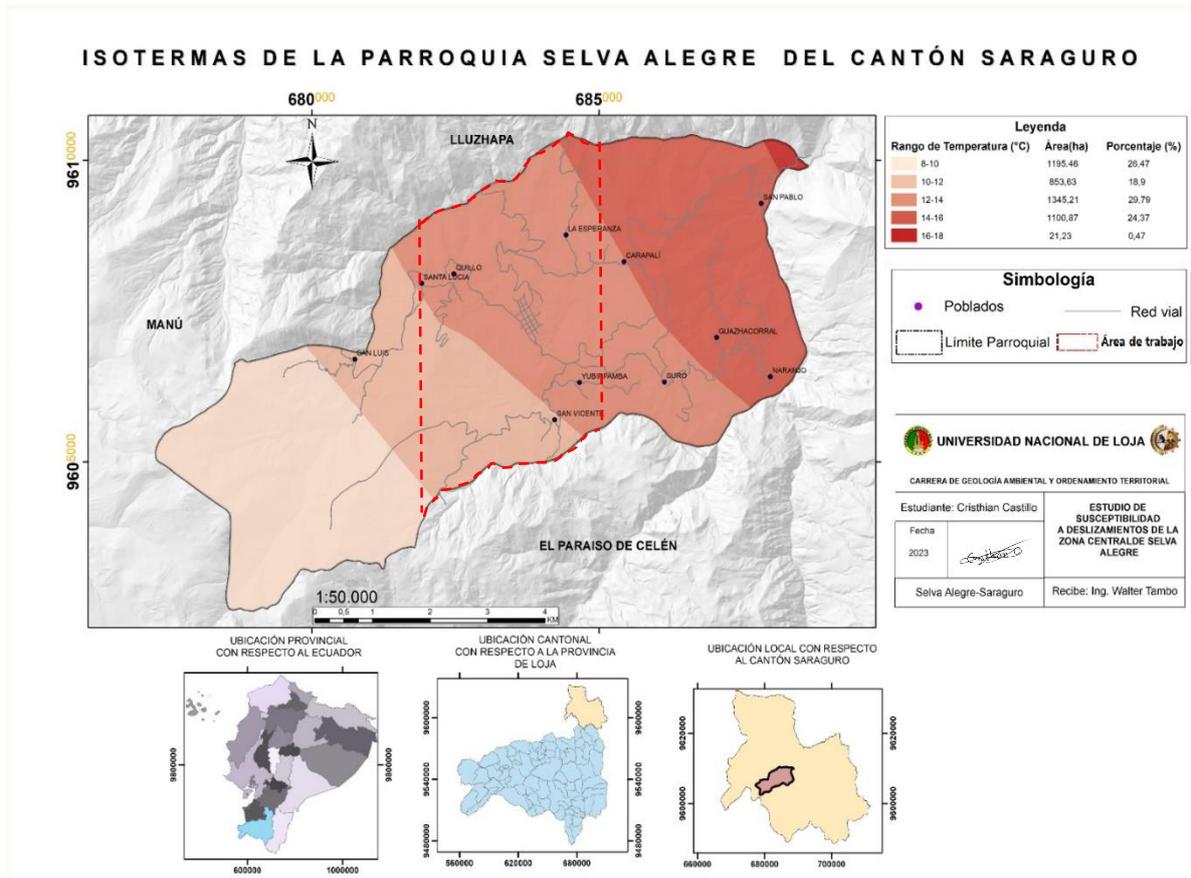


Figura 16. Isotermas de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.2. Hidrología

La Zona Central de la Parroquia Selva Alegre concierne a la cuenca del río Jubones, en las partes altas de la parroquia nacen las diferentes quebradas, lagunas, vertientes y ríos que dan paso para el consumo humano y el riego.

El sistema hidrográfico está formado por dos microcuencas, la primera es el río Curiyacu, esta nace de una laguna y a su vez sirve como límite parroquial entre Selva Alegre y Lluzhapa. La segunda nace desde el río San Vicente que alimenta a varias quebradas, aguas abajo toma el nombre de río Naranjo esta también es empleada como límites con la parroquia San Pablo de Tenta. El río Naranjo y el río Curiyacu se unen en el barrio de San pablo, donde estos se unen a otros dos para formar el río León que es el afluente principal del río Jubones. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

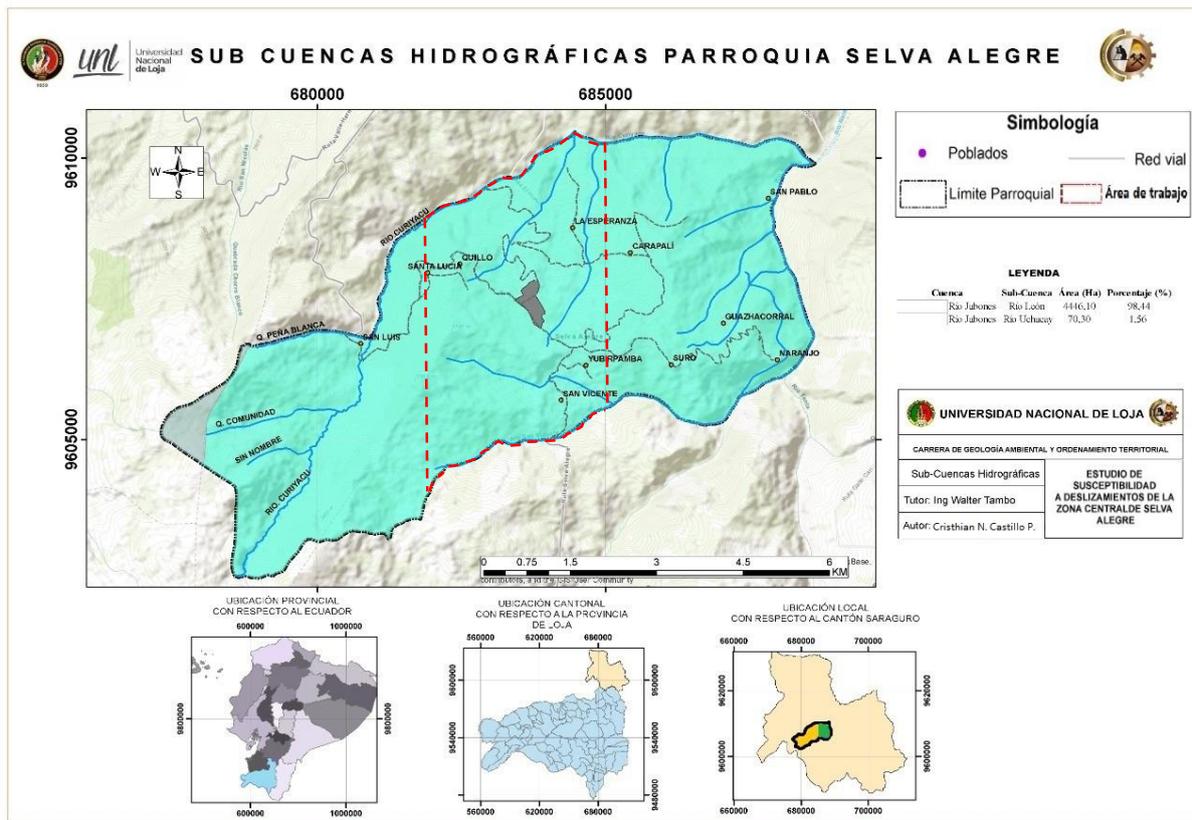


Figura 17. Hidrografía de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.3. Geología regional

La parroquia se encuentra dominado por la Formación (FM) Saraguro de Eoceno, la Formación (FM) Chinchillo del Oligoceno y la ambos del periodo Terciario; y por depósitos superficiales (coluvial) del periodo Cuaternario. La Formación Saraguro es una secuencia alterna de lavas andesíticas y piroclastos, recubiertas por la Formación Chinchillo. Los piroclastos varían desde tobas de grano fino hasta aglomerados de espesores grandes formando escarpes prominentes hacia la periferia de Saraguro (Kennerly, 1973). En lo que respecta a las lavas, estas son de andesita porfírica y están interestratificadas.

La formación Chichillo caracterizado por lavas con estratos de piroclastos. Las lavas son riolíticas con alto contenido de fenocristales de cuarzo y andesitas porfíricas. Los piroclastos, predominan las tobas, ignimbritas andesíticas hacia la parte de Manú.

Los deslizamientos son bastantes numerosos, particularmente en la Formación Saraguro ocupando áreas de varios kilómetros cuadrados. Considerando que la presencia de deslizamientos está en la mayoría de las veces ligados con material coluvial (depósitos superficiales). (PDOT Parroquia Selva Alegre, 2019-2023)

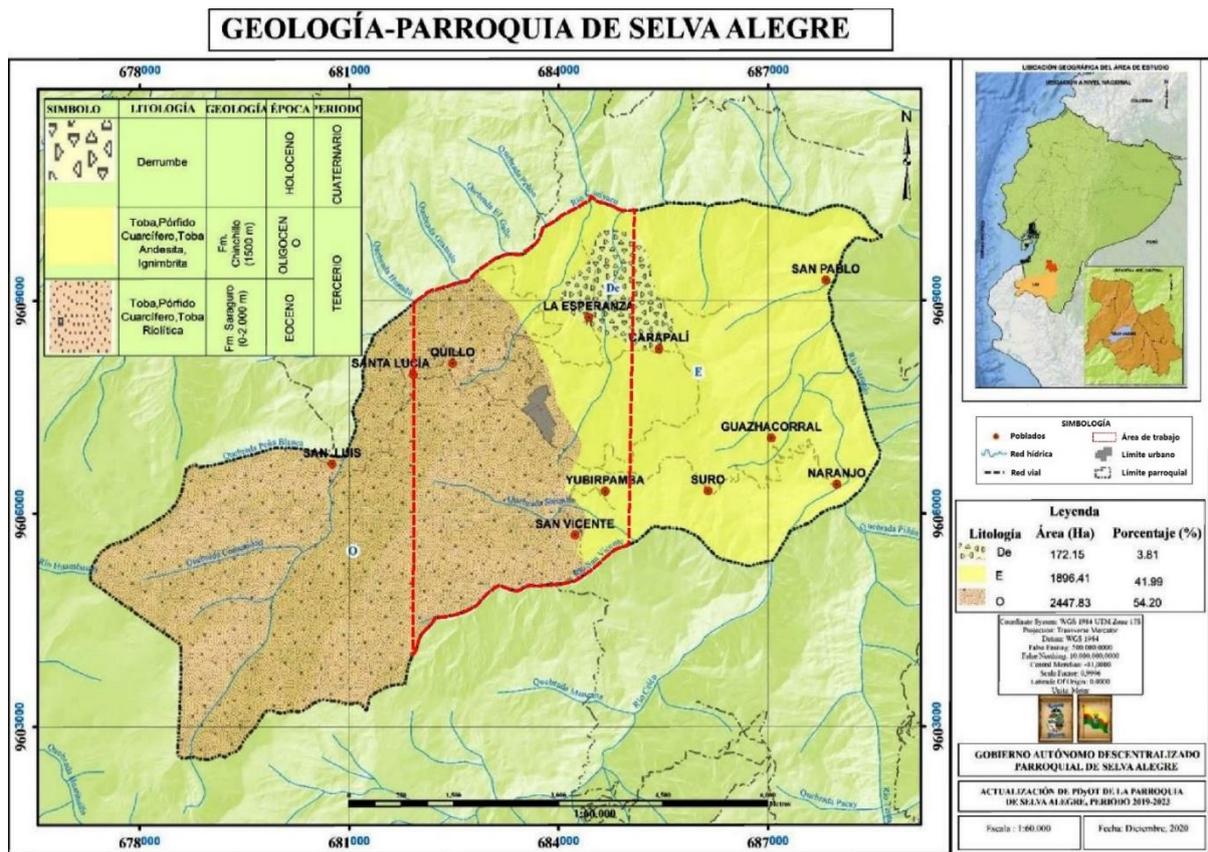


Figura 18. Geología de la Parroquia Selva Alegre
 Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.4. Población y vivienda

La población de la parroquia Selva Alegre, según el VII Censo de Población y VI Vivienda, es de 1.927 habitantes, de los cuales 903 son hombres, con una representación del 47% de la población total y 1024 mujeres representando el 53% de la población según la proyección para el año 2020 es 2139 habitantes, se puede observar que ha tenido un crecimiento positivo, no obstante, fue el caso del año 2001 al 2010 donde se observó un decrecimiento de la población en la parroquia. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

En cuanto a los grupos de edad, de acuerdo con el III Censo de Población y IV Vivienda 2010, la población del 0 a 14 años existente en la parroquia es de 798 lo cual representa el 41% de la población, de 15 a 64 años hay 925 personas representando el 48% de la población, siendo la más representativa lo cual muestra que en la parroquia la mayor parte de su habitantes son jóvenes, es decir, el 89% de su población está entre 0 y 65 años. Solo el 11% corresponde a la tercera edad con 204 personas. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

Tabla 6. Población de la Parroquia Selva Alegre

Comunidad	Población			Género	
	Categoría	Nº Familias	Nº Habitantes	Hombres	Mujeres
Esperanza	Comunidad	35	120	50	70
Yubirpamba	Comunidad	40	180	80	100
San Vicente	Comunidad	60	170	80	90
Selva Alegre	Cab/Parroquial	300	900	425	475
	Total	435	1370	635	735

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)



5.4. Métodos

5.4.1. Metodología para el primer objetivo

Analizar y elaborar las variables aplicables en la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

5.4.1.1. Topografía.

Primera fase de gabinete

Para realizar la topografía se procedió a obtener la información necesaria del área de estudio, como la accesibilidad, la carta topográfica de Selva Alegre a escala 1:50000, se trasladó el polígono de estudio a Google Earth y se determinan los puntos de control referenciales, que serán trasladados a la computadora del GPS geodésico Trimble R6, que sirve de enlace para encontrar el punto más rápido y ubicarse en el campo.

Fase de campo

Se determinó 38 puntos de control definitivos y se tomó las coordenadas en Datum WGS84, zona 17 Sur, con la ayuda del GPS geodésico Trimble R6, siendo ubicados en zonas estratégicas disminuyendo así el margen de error, posteriormente se llevó a cabo las diferentes fotografías aéreas con la ayuda del Drone Phantom 4 a escala 1:5000.



Figura 19. Vuelo del Drone Phantom 4 en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).



Segunda fase de gabinete

Una vez obtenida las fotografías aéreas del Drone, se creó un documento de Excel para ubicar los puntos de control definitivos utilizados en el campo, en formato csv, luego se procede a la utilización del programa Pix4Dmapper para dar el procesamiento correspondiente y obtener así las curvas de nivel y la ortofoto a escala 1:5000.

Posteriormente se procede a analizarlos en el software ArcGIS 10.5 para la elaboración del mapa topográfico (Ver anexo 10), que será como base para realizar los mapas posteriores.

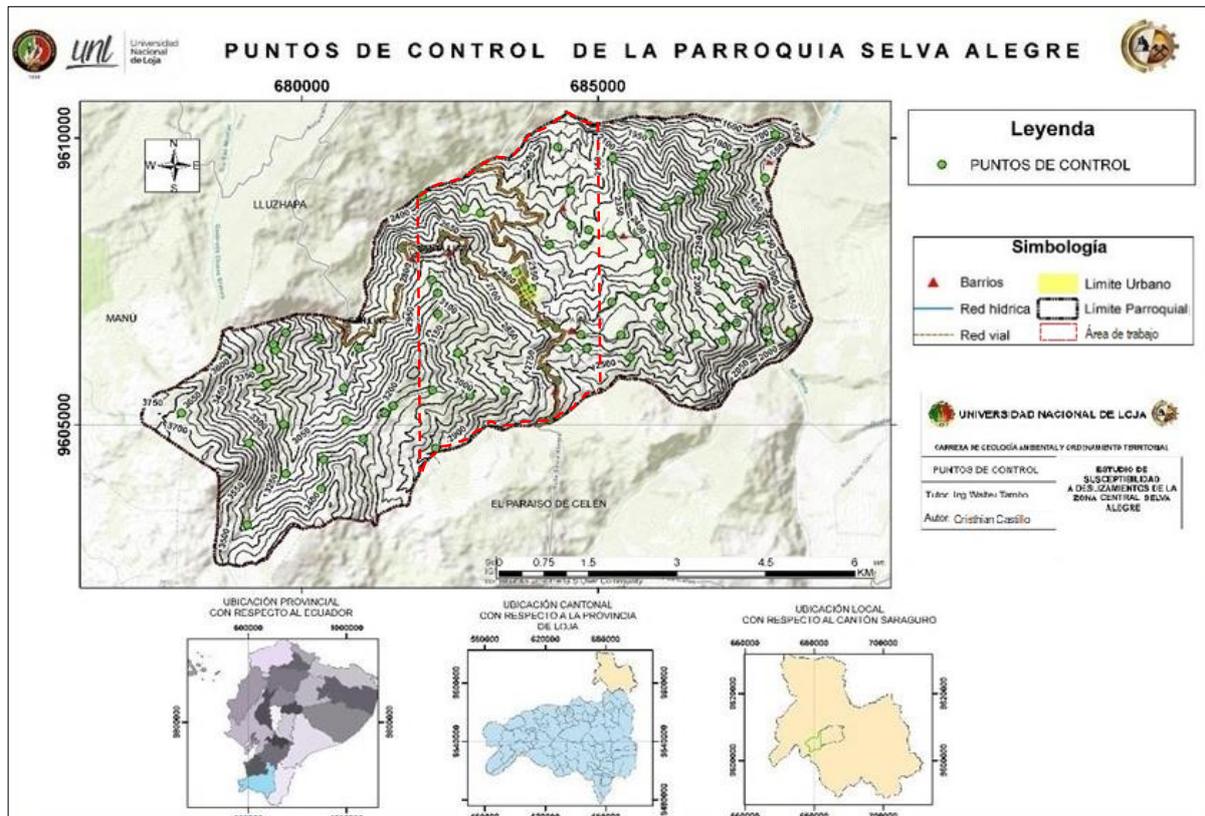


Figura 20. Puntos de control en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).

5.4.1.2. Pendientes.

Fase de gabinete

Con las curvas de nivel obtenidas, se procedió a desarrollar el mapa de pendientes del polígono del área de trabajo, utilizando las herramientas ArcToolbox del software ArcGIS 10.5, con el procedimiento que se muestra a continuación:

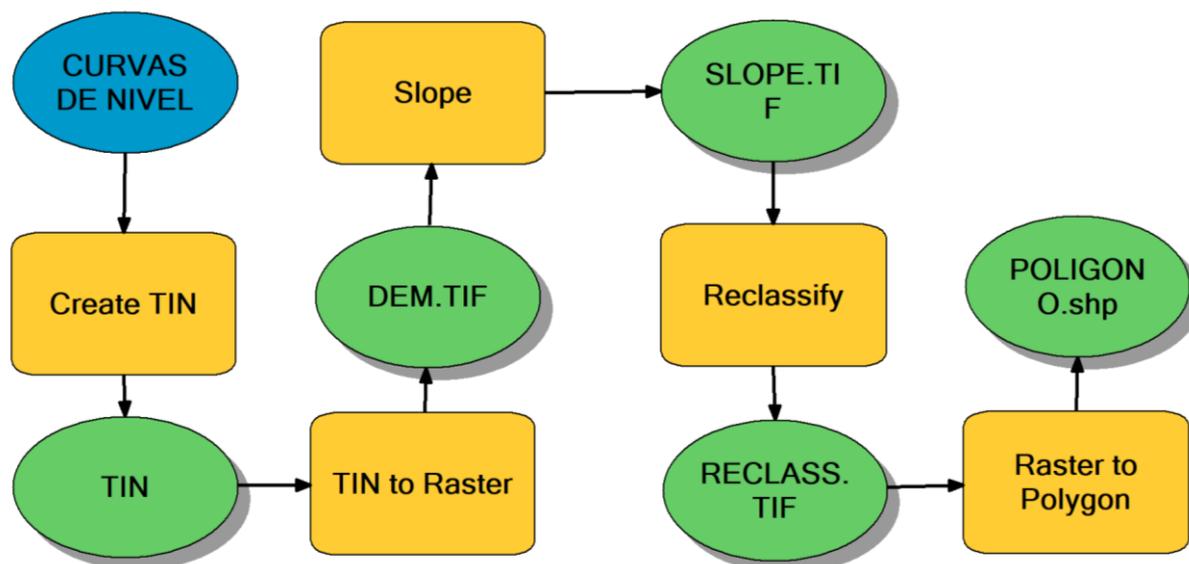


Figura 21. Model Builder para la elaboración del mapa de pendientes

Nota: Castillo C. (2023).

- Se elaboró un TIN en base a las curvas de nivel obtenidas: 3D Analyst Tools – Data Management – TIN – Create TIN
- De TIN se lo llevó a Raster: 3D Analyst Tools – Conversion – From TIN – TIN to Raster
- Se elaboró las pendientes: Spatial Analyst Tools – Surface – Slope
- Reclasificación según Demmek 1972 (Ver anexo 6): Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify
- El Raster obtenido se lo transformó a polígono: Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon
- Por último se disolvió para obtener un resumido total según la clase: Geoprocessing – Dissolve (campo gridcode)

5.4.1.3. Geomorfología.

Primera fase de gabinete

Para esta variable haciendo uso del software ArcGIS 10.5 se elaboró el mapa de sombras en base al ráster del Modelo Digital de Elevación (MDE) utilizando la herramienta Hillshade, y con la ayuda de la ortofoto se realizó el modelamiento 3D, en los cuales se observa de mejor manera las geoformas del terreno, y sobre estos se aplicó la metodología de Clirsen (2012). (Ver anexo 4)

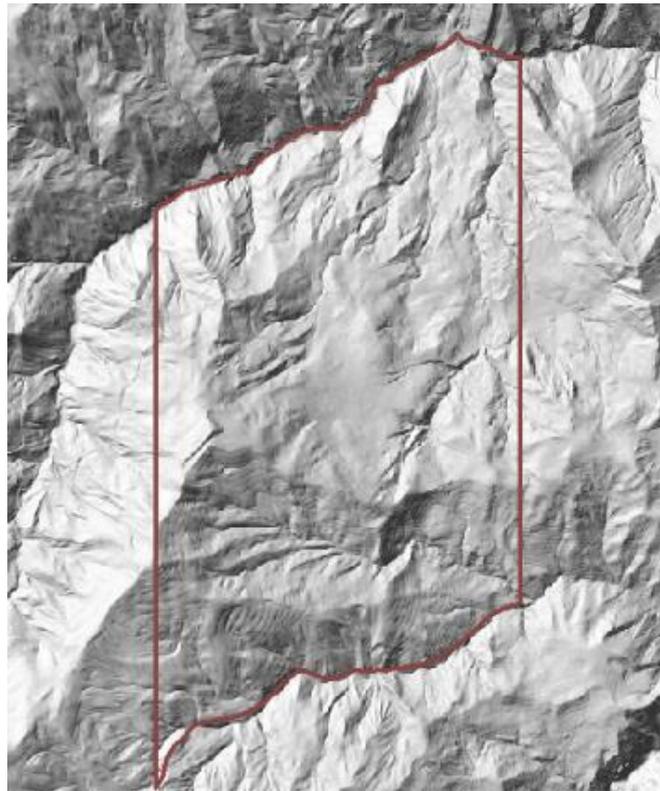


Figura 22. Hillshade de la zona de estudio
Nota: Castillo C. (2023).

Mediante la Memoria Técnica del cantón Saraguro, proyecto “LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25000, LOTES 1 Y 2” del año 2015; se recopiló información de apoyo, que en conjunto con el mapa de sombras generado con la herramienta “Hillshade” se toma como referencia para realizar la fotointerpretación de las geoformas de relieve a escala 1:5000, obteniendo los polígonos de las geoformas fotointerpretadas (Ver anexo 5) las cuales han sido generadas y caracterizadas considerando las categorías de unidad genética es decir la morfogénesis, morfología o unidad geomorfológica, y morfometría que hace alusión a pendiente y desnivel relativo, esta última categoría se la consiguió con ayuda del programa ArcScene.

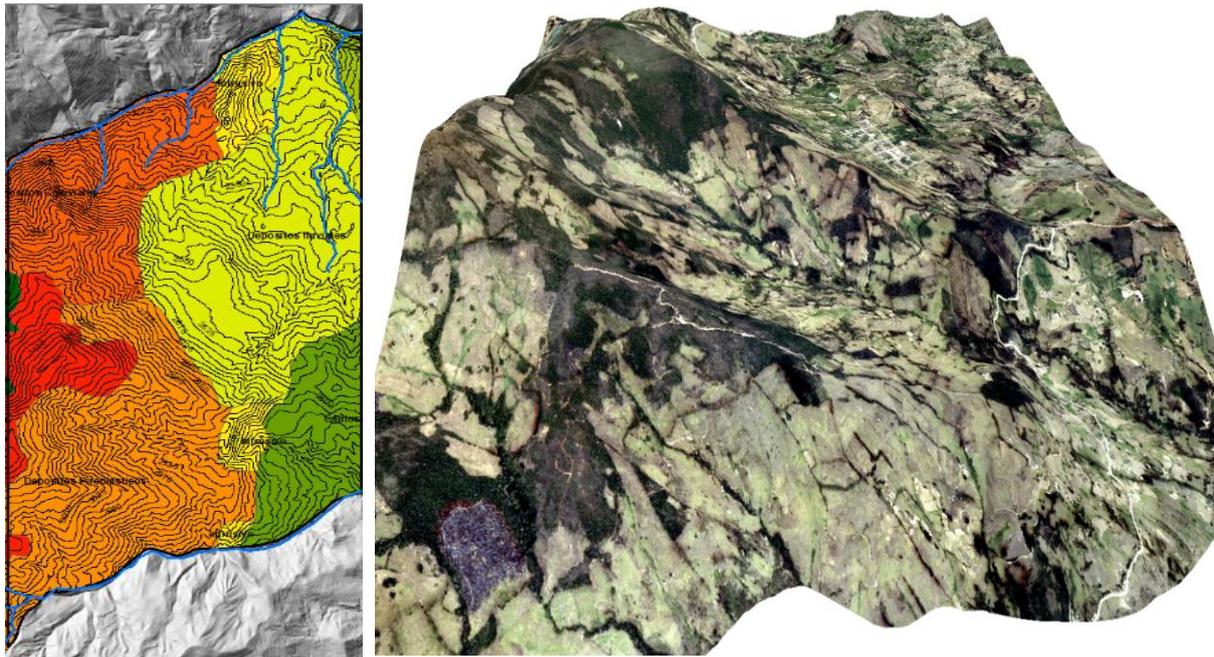


Figura 23. Litología - Drenaje y Modelamiento 3D, de la zona de estudio en ArcScene

Nota: Castillo C. (2023).

Fase de campo

Se procedió a levantar la información detallada de las geoformas encontradas (Ver anexo 3) y de los deslizamientos existentes en el sector, cuyos datos y características, constarán en una ficha de inventario (Ver anexo 1), clasificando cada deslizamiento y tomando sus medidas y datos técnicos respectivos.



Figura 24. Toma de puntos y geo-formas de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Castillo C. (2023).



Segunda fase de gabinete

Los datos obtenidos de los deslizamientos son ingresados en una tabla de Excel, para su posterior inclusión en los parámetros que determinarán la susceptibilidad existente en la zona de estudio, siendo estos referentes para la geomorfología del lugar.

Con la información obtenida en campo, en el software ArcGIS 10.5, se corrobora y corrige los polígonos de la fase de gabinete, obteniendo así el shapefile final con atributos: génesis, forma de relieve, litología y pendiente; finalmente se asignó los colores con sus respectivos tramados en base al manual de identificación de geformas de SIGTIERRAS, obteniendo así el mapa a escala 1:5000.

5.4.1.4. Uso de suelo

Primera fase de gabinete

Para esta variable se utilizó el método de clasificación supervisada, para lo cual se usó la ortofoto de la zona de estudio, la misma que se la ingresó en el software ArcGIS 10.5, para un conocimiento previo de las áreas de interés, y un posterior recorrido en campo, considerando la Leyenda Temática MAE-MAGAP-CLIRSEN (2015) (Ver anexo 7 y 8)

Fase de campo

Se hizo el recorrido por toda el área de estudio, obteniendo el registro fotográfico y data del uso actual de suelo. Esto se lleva a cabo para identificar y reconocer la información en campo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre. Haciendo uso del GPS se obtiene la malla de puntos clave, 253 en total, para el procesamiento de información mediante clasificación supervisada.



Figura 25. Zonas de bosques y cultivos anuales de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Castillo C. (2023).



Segunda fase de gabinete

Dentro de la clasificación supervisada, se realizó el proceso de categorización de píxeles, clasificando los puntos GPS obtenidos en la fase de campo, en función del uso de suelo observado.

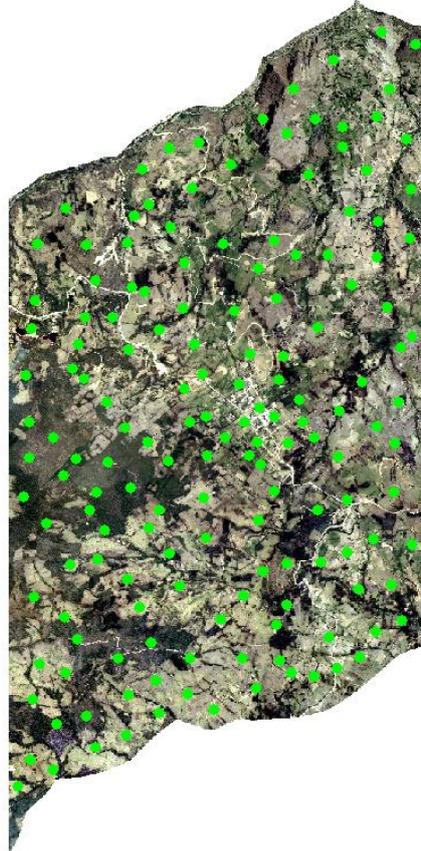


Figura 26. Nube de puntos Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Una vez que los puntos son clasificados en función de la tonalidad de las diferentes áreas, se crea un archivo con las firmas espectrales en formato de gráfico, en base a la ortofoto y el shapefile de puntos previamente clasificados. El proceso llevado a cabo y las herramientas utilizadas se presentan en el Model Builder a continuación:

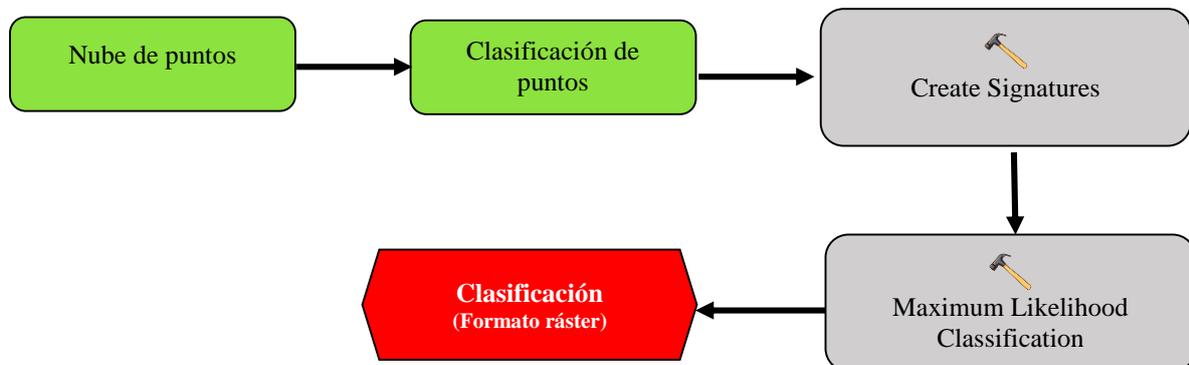


Figura 27. Model Builder para la elaboración del Uso Actual de Suelo
Nota: Castillo C. (2023).

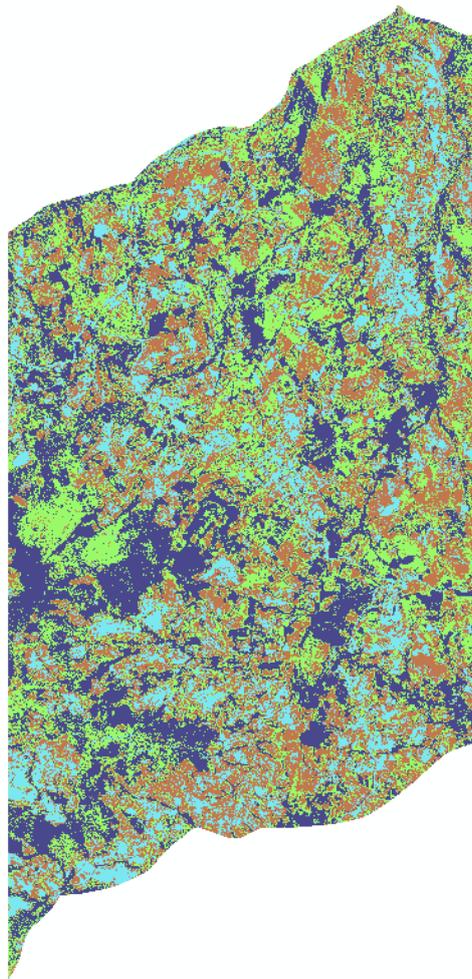


Figura 28. Ráster preliminar de Uso de Suelo
Nota: Castillo C. (2023).

El archivo resultante del paso anterior se lo convierte en formato shape, para mejor manejo y procesamiento de las áreas, con el cual se logró un reajuste en función de los tonos en los píxeles de cada cobertura de suelo que se generó. Finalmente se obtiene el producto final, cuyos polígonos se les otorgó tramados y colores considerando la Leyenda Temática MAE-MAGAP (2015) para una correcta representación del Uso Actual del Suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

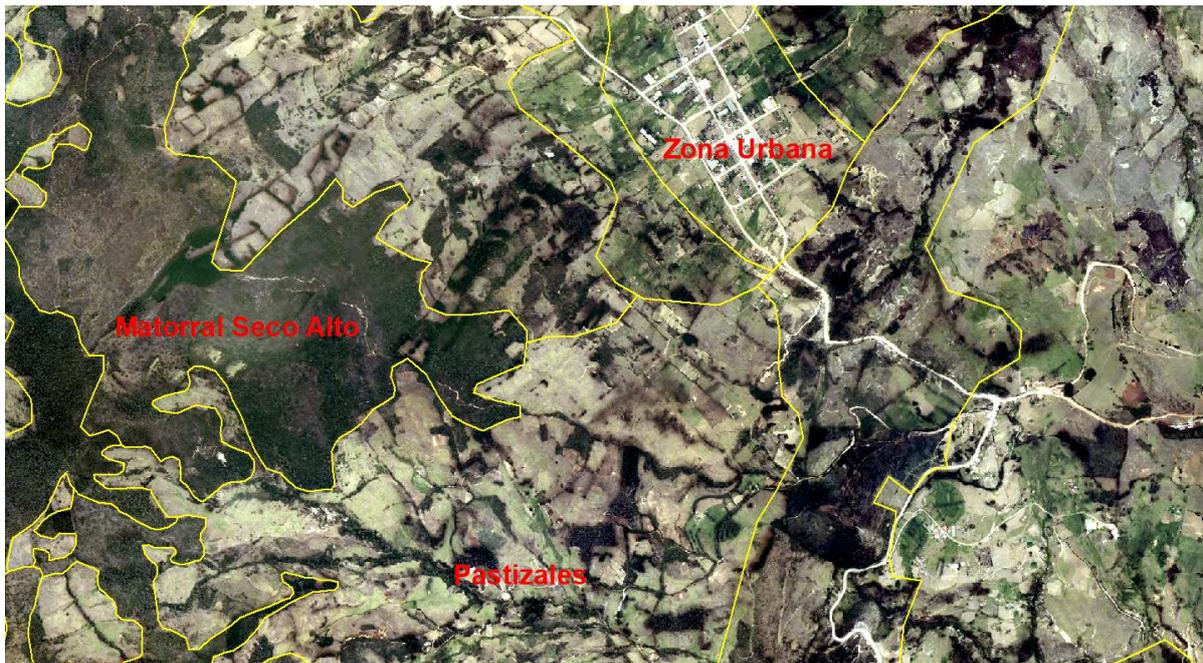


Figura 29. Uso de suelo corregido de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).

5.4.1.5. Geología

Primera fase de gabinete

En esta fase se procedió a realizar un plan de trabajo de las actividades que se va a realizar en campo, y a su vez el análisis de información geológica del sector, teniendo como base la topografía y ortofotos obtenidos anteriormente.

De la misma manera se identificaron rasgos característicos de red hídrica, geoformas; con los cuales se reconoció unidades homogéneas, teniendo en consideración los tonos y texturas, logrando así la delimitación de áreas según el material de la zona de estudio.

Fase de campo

Haciendo uso de la información recolectada tanto regional y local, se identificó en campo los afloramientos, lo cual permitió la corroboración de los datos, verificando así los límites y contactos obtenidos mediante fotointerpretación en la fase anterior. Cabe recalcar que con esta fase de campo se corrigió y verificó lo obtenido en gabinete.

A su vez con ayuda de la información previa, se pudo identificar todos los afloramientos encontrados, sean estos de carácter natural o antrópico, además de caracterizar cada uno de estos afloramientos según su litología, características propias del sector donde se encuentra, según las unidades identificadas previamente en gabinete.

Además se hizo uso de fichas de levantamiento de campo para afloramientos, permitiendo llevar un registro detallado de cada uno de los afloramientos presentes en la zona



de estudio, en estas fichas se describe la ubicación, elementos de yacencia, litología presente, fotografía, descripción y observaciones (Ver anexo 2).



Figura 30. Levantamiento Geológico en campo

Nota: Castillo C. (2023).

Segunda fase de gabinete

Una vez corroborado y corregido el mapa preliminar, se muestran las unidades finales dentro de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre. Los datos tomados en campo y corroborados son colocados en la base topográfica, realizando la caracterización con diferentes colores y tramados de acuerdo a las diferentes litologías del sector de estudio.

Para finalizar se complementó con las columnas estratigráficas de la zona de estudio, llevada a cabo en el programa SedLog 3.1, cuyos tramados y colores se basaron en los “Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica” del IIGE.



5.4.2. Metodología para el segundo objetivo

Valorar las variables mediante el Método de Evaluación Multicriterio de Jerarquización Analítica de Saaty.

El Proceso de Análisis Jerárquico, es un método basado en la evaluación de diferentes criterios que permiten jerarquizar un proceso y su objetivo final consiste en optimizar la toma de decisiones gerenciales (Saaty, 1980).

Las comparaciones pareadas son bases fundamentales del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). El AHP utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 4 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos. Se presentan las calificaciones numéricas que se recomiendan para las preferencias verbales expresadas por el decisor. Investigaciones anteriores han determinado que está es una escala razonable para distinguir las preferencias entre dos alternativas.

➤ **Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process, AHP)**

El proceso de análisis jerárquico (AHP) fue desarrollado por Saaty, 1980. Está diseñado para resolver problemas de criterios múltiples. El AHP realiza una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión, tratando directamente con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo o criterio común representado en la jerarquía de decisión.

El AHP propone la asignación de un vector de pesos $w = [w_1, w_2, w_n]$ a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio. Para ello se compara cada criterio (i) con cada criterio (j), obteniendo unos valores (a_{ij}) que es posible agrupar en una matriz cuadrada de orden (n), la llamada matriz de comparaciones por pares, $A = [a_{ij}]$, es decir, el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar, estableciendo una matriz de comparación de importancia (tomándolos en pares) cada uno de los criterios con los demás, para posteriormente determinar el vector principal, el cual establece los pesos “ W_j ” que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de criterios. En la tabla 7, se muestra un esquema del método de jerarquías analíticas para asignación de pesos.

El procedimiento empleado primeramente determina la importancia relativa del criterio de cada fila, en relación al criterio de su columna correspondiente, así, es preciso completar toda la matriz introduciendo los valores en el triángulo superior derecho, los valores en el triángulo superior izquierdo serán los valores inversos a los de las celdas correspondientes.



Luego, es preciso sumar cada columna para obtener un valor marginal de columna, a continuación, generar una nueva matriz mediante la división de cada celda entre el marginal de su columna. Por último, se calculó la media de los pesos para cada línea.

Tabla 7. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos

Matriz de comparación por pares					
Factores	A	B	C	D	Vector principal
A	XXA	XAB	XAC	XAD	WA
B	XBA	XBB	XBC	XBD	WB
C	XCA	XCB	XCC	XCD	WC
D	XDA	XDB	XDC	XDD	WD

Nota: Thomas Saaty (1980)

La razón de comparar de dos en dos los criterios, es para facilitar la comparación de todos a la vez por parte del experto (autor). En los trabajos de Saaty (1980 y 1994), Saaty y Vargas (2001) ensayan cierto número de escalas de medida y exponen la siguiente escala de medida para la estimación de los coeficientes a_{ij} de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 8. Escala de Saaty para determinar el valor de x_{ij}

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

Nota: Thomas Saaty (1980)

Una vez que se elabora la matriz de comparaciones pareadas se realiza el proceso de síntesis, donde se determina la prioridad de cada uno de los elementos que se comparan. El proceso matemático requiere el cálculo de los valores y vectores característicos (Ver anexo 9).

En la tabla 9 mostrada a continuación se presenta un ejemplo de la valoración llevada a cabo en los resultados.

Tabla 9. Ejemplo de valoración

Uso de Suelo					Ponderación	Pesos
	Pastizal	Cultivos anuales	Bosque	Páramo		
Pastizal	1	1	2	3	1.75	0.36
Cultivos anuales	1.00	1	2	2	1.50	0.31
Bosque	0.50	0.50	1	2	1.00	0.21
Páramo	0.33	0.50	0.50	1	0.58	0.12
Total:					4.83	1

Nota: Castillo C. (2023).



Para definir la calidad de la decisión final, se designó la consistencia del juicio del experto. De esta manera, el AHP permite medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas proporcionadas por el experto. La consistencia de los juicios del experto, se calcula a partir del auto-valor máximo (n_{\max}), y se compara con el número de criterios que es (n), en el caso que estos valores sean iguales, se verifica que el juicio es completamente consistente. En relación a esto, Saaty proporciona tablas de consistencia para medir ésta. Asimismo, también define la razón de consistencia (RC), a partir del índice de consistencia (IC) y del índice de consistencia aleatorio (ICA):

Donde:

IC es el índice de consistencia y se calcula mediante la expresión:

$$IC = \frac{n_{\max} - n}{n - 1}$$
$$IC = \frac{4,06 - 4}{4 - 1} = 0,02$$

ICA es el índice de consistencia aleatorio, calculado mediante la expresión:

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$
$$ICA = \frac{1,98(2)}{4} = 0,99$$

El valor de n_{\max} se calcula de $AW = n_{\max}W$ observando que la ecuación es:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{w}_j = n_{\max}\bar{w}_i, i = 1, 2, \dots, n \text{ dando que } \sum_{i=1}^n \bar{w}_i = 1, \text{ obtenemos}$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{w}_j \right) = n_{\max} \sum_{i=1}^n \bar{w}_i$$

RC es la razón de consistencia, obtenido con la fórmula presentada continuación:

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$
$$RC = \frac{0,02}{0,99}$$

$$RC = 0,0202$$

Si RC es menor o igual a 0.10, la razón de consistencia se considera como aceptable, en cambio, si el RC es mayor a 0.10 debe revisarse sus juicios. En la práctica esto puede llevar a un largo proceso de sucesivas correcciones.



5.4.3. Metodología para el tercer objetivo

Zonificar las áreas susceptibles a deslizamientos del área de estudio

Una vez obtenidos cada uno de los mapas, se los procede a llevar a formato ráster (pendientes, geomorfología, uso de suelo y geología) los mismos que deben estar con su respectivo peso que fue determinado mediante la matriz de Saaty.

Tabla 10. Obtención de la ponderación final para las variables generales

VARIABLES	Geomorfología	Geología	Pendiente	Uso actual de suelo	Ponderación	Pesos
Geomorfología	1	1	2	3	1.75	0.36
Geología	1.00	1	2	2	1.50	0.31
Pendiente	0.50	0.50	1	2	1.00	0.21
Uso actual de suelo	0.33	0.50	0.50	1	0.58	0.12
				Total:	4.83	1

Nota: Castillo C. (2023).

Luego se realizó una suma ponderada, con la cual se da paso a la multiplicación de los pesos obtenidos y la suma de los mismos. Todo esto representado mediante un modelo de construcción “Model builder” que representará todos los pasos a seguir para obtener el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

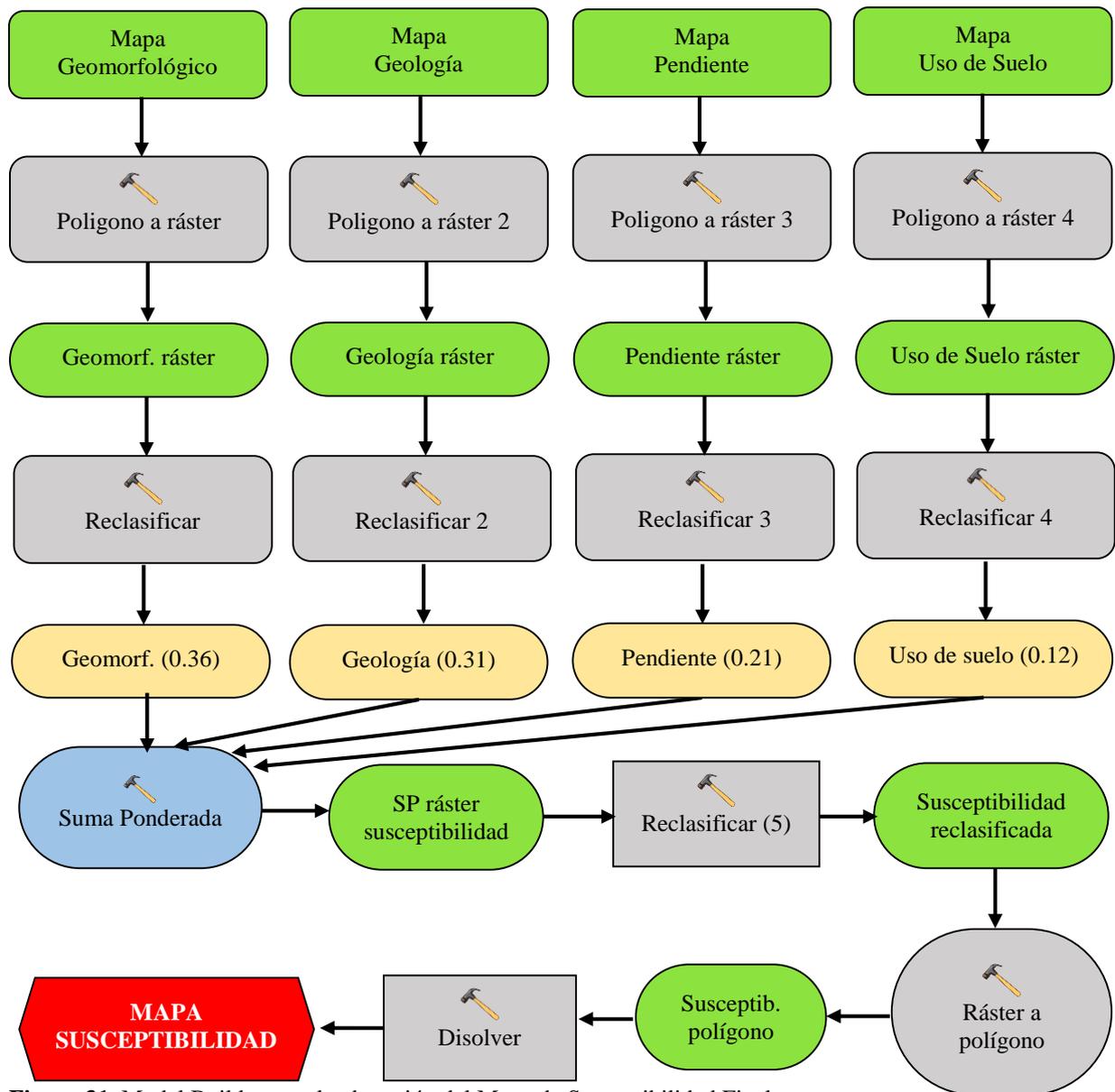


Figura 31. Model Builder para la obtención del Mapa de Susceptibilidad Final

Nota: Castillo C. (2023).

El mapa de susceptibilidad refleja las unidades de terreno condicionadas por los deslizamientos en donde puede existir menor o mayor inestabilidad, esta se obtiene a partir de un análisis multivariante entre los factores del terreno que generan susceptibilidad a los deslizamientos cuyos factores condicionantes son, pendientes, geología, geomorfología y uso del suelo, estos factores han sido normalizados y ponderados en relación al peso relativo obtenido a través de la matriz de jerarquización analítica de Saaty. Luego se realizó una reclasificación por el método de Weighted Sum, en 5 rangos, considerando el criterio dado por Sarkar y Kanungo (2004). Todo esto mediante el uso del software ArcGIS 10.5.



Tabla 11. Criterio para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos

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

Nota: Sakar & Kanungo (2004)

Con la obtención del mapa final de susceptibilidad a deslizamientos en los 5 rangos cuali-cuantitativos de susceptibilidad se procede a la interpretación de resultados que no es más que el análisis de las áreas heterogéneas con sus áreas (ha) y porcentajes respectivos dentro del área de estudio.

Para finalizar, se realizó la interpretación del mapa final, y se determinó en qué áreas se puede lograr un óptimo aprovechamiento del suelo y mayor bienestar de la población, manteniendo así la integridad física y productiva del suelo y sus recursos asociados.

A su vez se puede verificar la eficiencia del método corroborando el mapa obtenido en el campo, el mismo que tendrá una estrecha relación con los deslizamientos presentes en el sitio de estudio.



6. Resultados

6.1. Análisis de las variables para susceptibilidad a deslizamientos en el sector de estudio

Las variables que se utilizó para el presente proyecto son:

- Pendientes
- Geomorfología
- Uso de suelo
- Geología

6.1.1. Topografía

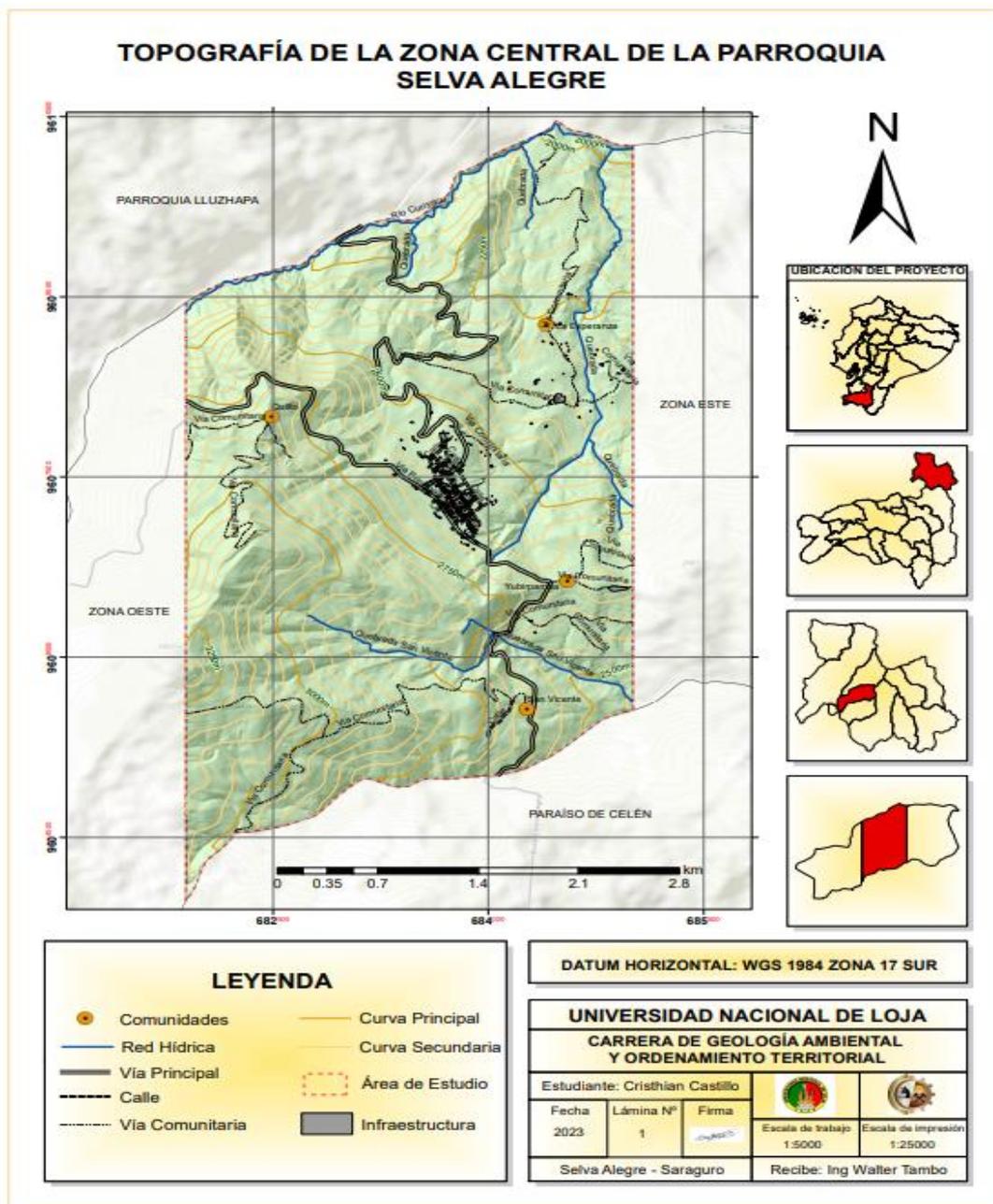


Figura 32. Mapa Topográfico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Castillo C. (2023).



La topografía de la parroquia Selva Alegre se la obtuvo de la fotointerpretación de las ortofotos otorgadas por el municipio de Saraguro, y las curvas de nivel obtenidas del levantamiento; esta información fue procesada en el software ArcGIS 10.5; con esta base se obtuvo la red vial, caminos, infraestructura, red hídrica, a escala 1:5000.

La superficie total de trabajo es de 1505,46 ha, la cota mayor de la zona de estudio es de 3300 m s.n.m. y la cota más baja a 2000 m s.n.m. al Noreste.

Las curvas de nivel se encuentran a cada 50 metros, lo que representaría a la equidistancia de las curvas secundarias y en caso de las curvas principales, estas se encontrarán a cada 250 metros.

En el área de estudio se digitalizaron cuatro comunidades rurales siendo estas Quillo, La Esperanza, Yubirpamba y San Vicente; y la Zona Urbana de Selva Alegre. Finalmente la zona de estudio cuenta con un total de 33,89 Km de vías y caminos, y 13,76 Km en red hídrica. (Ver anexo 10)



6.1.2. Pendientes

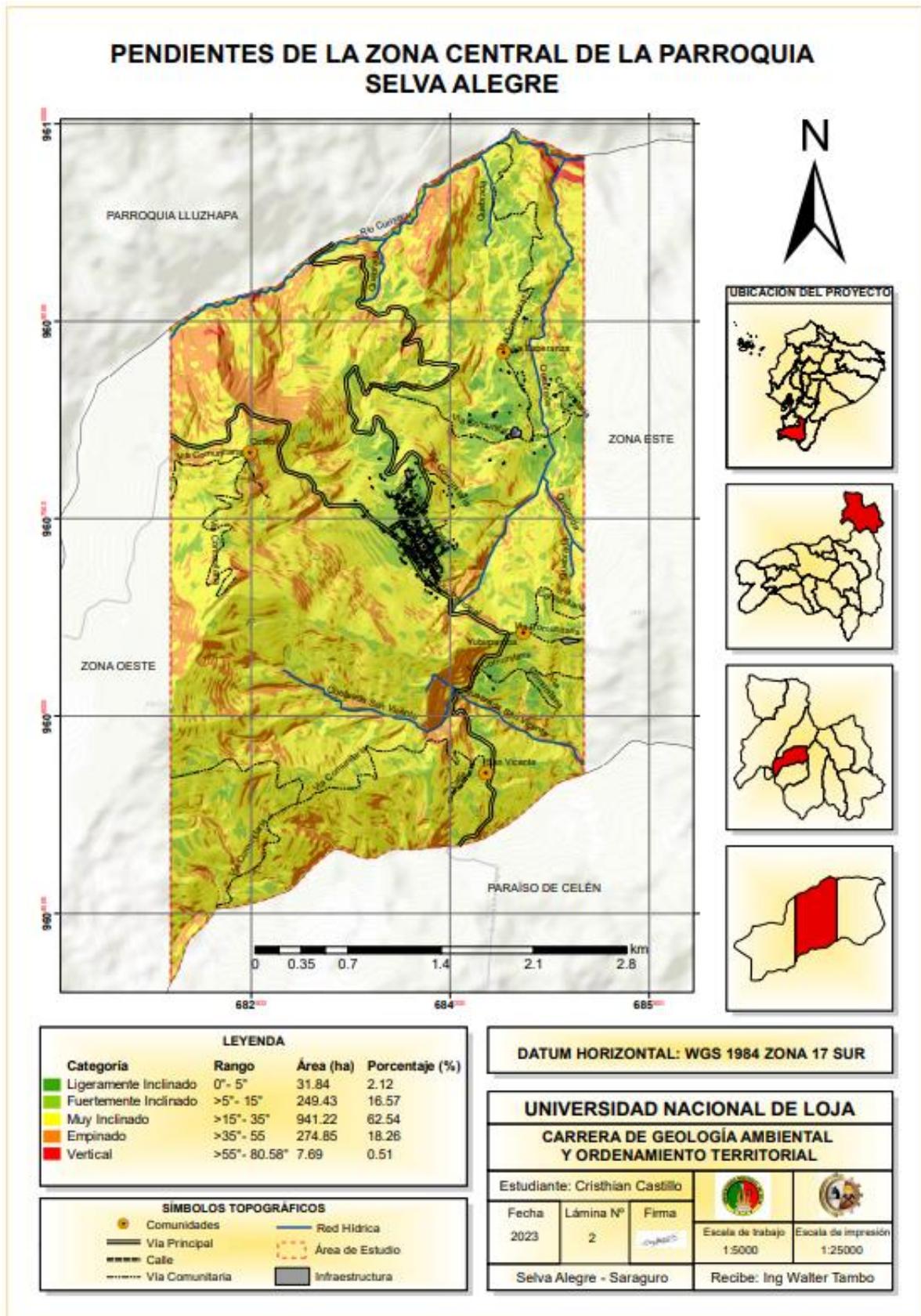


Figura 33. Mapa de Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).



Una vez obtenida la base topográfica, se procede a realizar el modelo de elevación digital, el mismo que es generado a partir de las curvas de nivel.

Tabla 12. Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Categoría	Rango	Área (ha)	Porcentaje
Ligeramente Inclinado	0°- 5°	31.839865	2.115562
Fuertemente Inclinado	>5°- 15°	249.428835	16.573001
Muy Inclinado	>15°- 35°	941.220153	62.538247
Empinado	>35°-55°	274.854669	18.26239
Vertical	>55°-80,58°	7.687712	0.510801

Nota: Castillo C. (2023).

En este mapa se hizo uso de la reclasificación propuesta por Demmek en 1972. A partir de esta reclasificación se obtuvo cinco categorías, desde las pendientes ligeramente inclinadas como la menor categoría, hasta las pendientes verticales, como la categoría con rango mayor, evidenciando así que las pendientes ligeramente inclinadas con rango de 0° a 5° representan un porcentaje del 2,11%, las pendientes fuertemente inclinadas con rango >5° a 15° con un 16,57%, con el mayor porcentaje se encuentran las pendientes muy inclinadas que van desde >15° a 35° que representa un 62,53%, es decir un área de 941,22 hectáreas de la zona de estudio respectivamente.

Adicionalmente se tiene a las pendientes empinadas con rango >35° a 55° con un porcentaje de 18,26% y por ultimo las pendientes verticales ocupando solo un 7,68 hectáreas es decir 0,51% de la zona de estudio. (Ver anexo 11)



6.1.3. Geomorfología

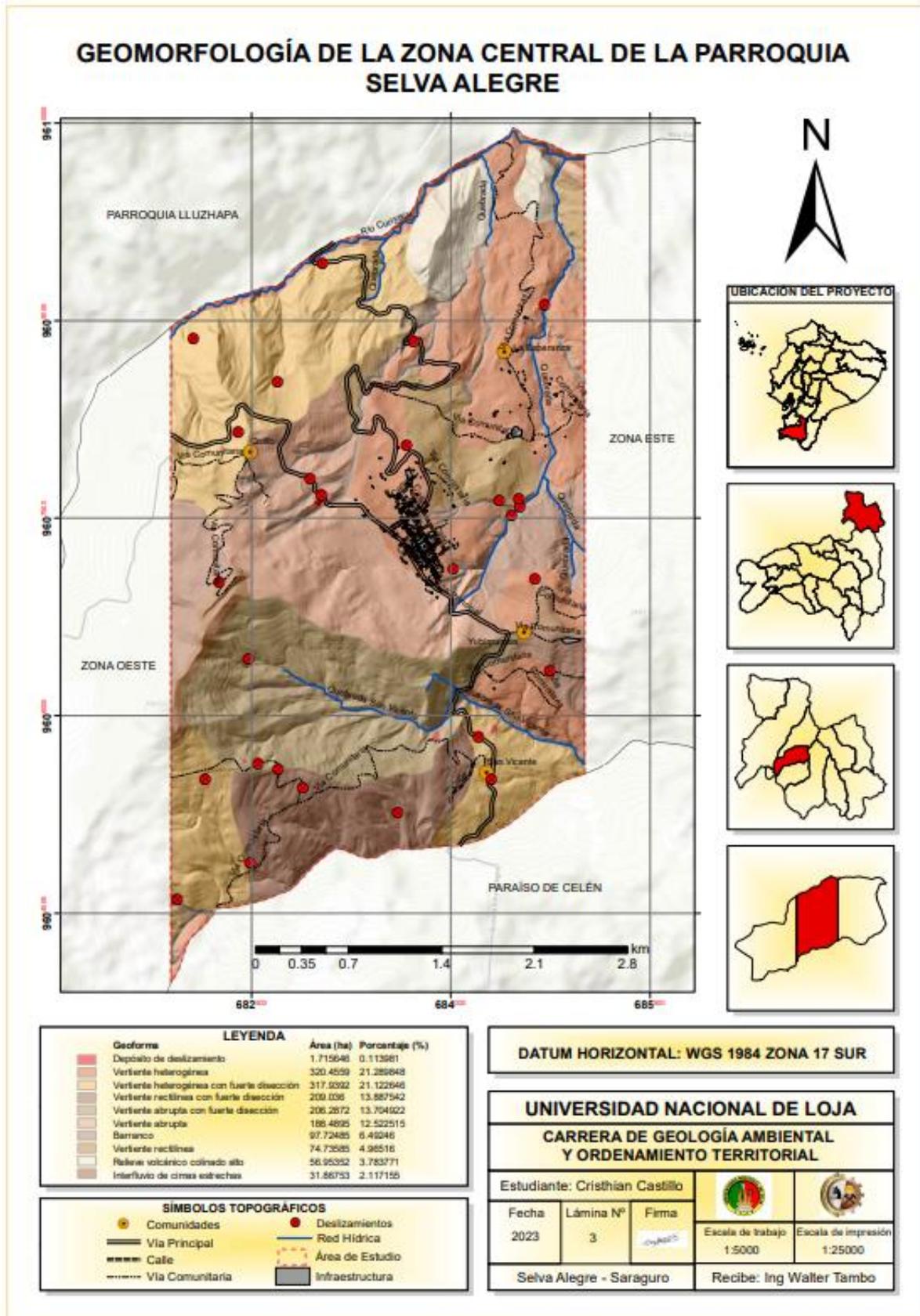


Figura 34. Mapa Geomorfológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).



Una vez recolectada la información en campo y con ayuda de la fotointerpretación además de la memoria técnica geomorfológica del Cantón Saraguro, se obtuvo las diferentes geoformas de la zona de estudio (Ver anexo 12), las mismas que se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 13. Geomorfología de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Geoforma	Pendiente	Desnivel Relativo	Área (ha)	Porcentaje
Depósito de deslizamiento	25% - 70%	50 m – 100 m	1.715646	0.113981
Vertiente heterogénea	12% - 70%	50 m – 100 m	320.455891	21.289848
Vertiente heterogénea con fuerte disección	25% - 70%	> 200 m	317.93915	21.122646
Vertiente rectilínea con fuerte disección	40% - 70%	50 m – 300 m	209.035994	13.887542
Vertiente abrupta con fuerte disección	70% - 100%	> 100 m	206.287187	13.704922
Vertiente abrupta	70% - 100%	50 m – 100 m	188.489539	12.522515
Barranco	40% - 70%	400 m	97.724849	6.49246
Vertiente rectilínea	12% - 70%	> 100 m	74.735845	4.96516
Relieve volcánico colinado alto	12% - 70%	200 m	56.953521	3.783771
Interfluvio de cimas estrechas	25% - 70%	> 300 m	31.867532	2.117155

Nota: Castillo C. (2023).

Depósito de deslizamiento

En la tabla 14, se observan los deslizamientos más representativos encontrados en la zona de estudio.

Tabla 14. Deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Deslizamientos	X (m)	Y (m)	Z(m s.n.m.)	Área (m ²)
1	684340,81	9605909,78	2720	2391,29
2	683885,44	9605806,4	3019	3666,58
3	682740,18	9605472,04	3113	379,30
4	682468,21	9605646,62	3120	603,74
5	682386,32	9605684,3	3118	398,80
6	681942,45	9608107,2	2801	940,53
7	683013,93	9607677,34	2689	5629,71
8	684079,17	9605021,88	2570	296,491
9	683974,92	9605756,96	2710	81,89
10	683707,864	9605732,74	2766	511,88
11	683452,44	9605737,51	2813	125,001
12	683003,02	9605517,16	2670	47,92
13	684248,38	9606703,18	2647	112,29
14	683574,99	9605750,09	2775	146,53
15	683015,331	9609436,49	2637	516,83
16	684795,93	9606064,08	2522	296,17
17	683580,87	9608103,39	2519	123,31
18	683703,97	9608893,02	2301	737,96
19	683039,44	9609445,8	2176	150,34

Nota: Castillo C. (2023).



Para objeto de estudio, a continuación se describe los deslizamientos más importantes; los mismos que brindan información relevante debido al área que ocupan y las características encontradas en campo.

➤ **Deslizamiento No. 1**



Figura 35. Deslizamiento 01
Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento NW, ubicada en las coordenadas X= 684340,81 m, Y=9605909,78 m y Z= 2720 m s.n.m. Con un mecanismo de evento múltiple y lento, tiene un estado de actividad activo, el estado de la masa desplazada es intacta con una litología que se constituye principalmente de material limoso arcilloso con alto grado de meteorización de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 350 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 150 m. Ha provocado daños a las carreteras y la medida de estabilización se ha realizado con canales.

➤ **Deslizamiento No. 3**



Figura 36. Deslizamiento 03
Nota: Castillo C. (2023).



Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento SE, ubicada en las coordenadas X=682740.18 m, Y=9605472.04 m y Z= 3113 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada tiene forma de flujo con una litología que se constituye principalmente de detritos no graduados con limos, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 15 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 15 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de la vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 6**



Figura 37. Deslizamiento 06
Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento SE, ubicada en las coordenadas X=681942.45 m, Y=9608107.20 m y Z= 2801 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es desintegrada con una litología que se constituye principalmente de andesitas meteorizadas, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 35 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 30 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la lluvia, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.



➤ **Deslizamiento No. 8**

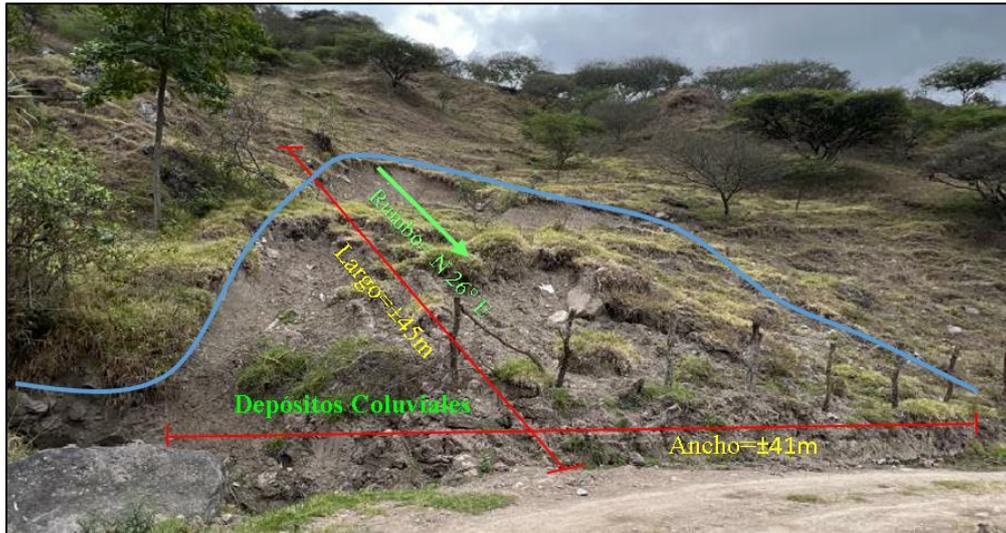


Figura 38. Deslizamiento 08
Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento NW, ubicada en las coordenadas X= 684079.17 m, Y= 9605021.88 m y Z=2570 m s.n.m. Con un mecanismo de evento múltiple y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es desintegrado con una litología que se constituye con material limoso arcilloso, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 45 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 41 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 10**



Figura 39. Deslizamiento 10
Nota: Castillo C. (2023).



Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento NE, ubicada en las coordenadas X=683707,86 m, Y=9605732,73 m y Z= 2766 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad activo, el estado de la masa desplazada desintegrada con una litología que se constituye principalmente de materiales limosos arcillosos de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 20 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 15 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 14**



Figura 40. Deslizamiento 14
Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento de NE, ubicada en las coordenadas X=683574.99 m, Y=9605750.09 m y Z=2775 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad activo, el estado de la masa desplazada con forma de flujo con una litología que se constituye principalmente de material limo arcilloso de con un alto grado de meteorización de coloración rojiza, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 20 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 61 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.



➤ **Deslizamiento No. 15**



Figura 41. Deslizamiento 15

Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento NW, ubicada en las coordenadas X=684282.79 m, Y=9606682.03 m y Z= 2637m s.n.m. Con un mecanismo de evento múltiple y lento, tiene un estado de actividad activo, el estado de la masa desplazada con desintegrada con una litología que se constituye por andesitas meteorizadas, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 41 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 18 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 16**

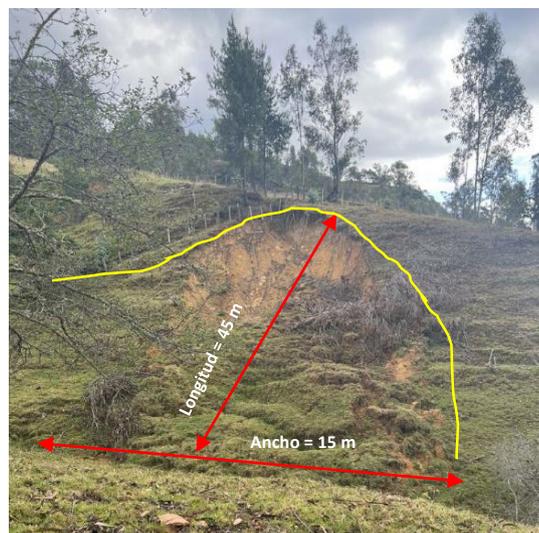


Figura 42. Deslizamiento 16

Nota: Castillo C. (2023).



Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento SW, ubicada en las coordenadas X= 684795.93 m, Y= 9606064.08 m y Z= 2522 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es intacta con una litología que se constituye principalmente de material limoso arcilloso de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 45 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 15 m. El principal factor disipador del deslizamiento es desconocido, sin embargo, ha provocado daños a las áreas de cultivos y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 17**



Figura 43. Deslizamiento 17

Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento SW, ubicada en las coordenadas X=684795.93 m, Y= 9606064.08 m y Z= 2522 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada con forma de flujo con una litología que se constituye principalmente de material limoso arcilloso de coloración rojiza, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 65 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 45 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la lluvia, lo que ha provocado daños a las áreas de cultivos y no posee ninguna medida de estabilización.



➤ **Deslizamiento No. 18**



Figura 44. Deslizamiento 18
Nota: Castillo C. (2023).

Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento NW, ubicada en las coordenadas X=683015.33 m, Y= 9609436.49 m y Z= 2301 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es desintegrada con una litología que se constituye principalmente de material limoso con detritos no graduados, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 55 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 60 m. El principal factor disipador del deslizamiento es la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las carreteras y no posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 19**



Figura 45. Deslizamiento 19
Nota: Castillo C. (2023).



Deslizamiento rotacional con dirección del movimiento NE, ubicada en las coordenadas X=683039.44 m, Y= 9609445.8 m y Z= 2176 m s.n.m. Con un mecanismo de evento sencillo y lento, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada es desintegrada con una litología que se constituye principalmente de material coluvial con grava, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 60 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 30 m. Los factores disipadores del deslizamiento son la lluvia y la apertura de vía, lo que ha provocado daños a las áreas de cultivos y no posee ninguna medida de estabilización.

Origen: Fluvial

Barranco: Estos barrancos se encuentran a lo largo de la red de drenaje existente en la zona, en un 6,50% con respecto al área estudiada, especialmente en los ríos donde se tienen cursos altos, presentando desniveles de 400m, pendientes fuertes de 40 a 70% y en algunos casos hasta 100%. Conforme los contextos se dan las formas de los valles, generalmente siendo en forma de V, en los contextos paisajes glaciares, vertientes y relieves inferiores se dan formas de valle en U. Según su localización geográfica se forman sobre cualquiera de las litologías presentes.

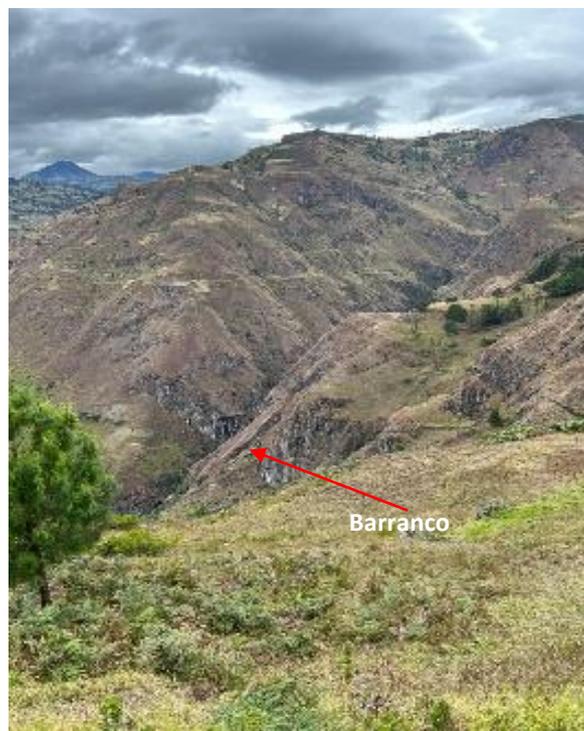


Figura 46. Barranco – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Origen: Laderas

Vertiente rectilínea: Esta geoforma se encuentra dispersa en un 4,97% referente al área. Sus pendientes van de medias a fuertes de 12 a 70%, con un desnivel relativo muy variable, mayor de 100 m y en muy pocos casos se da desniveles de 25 a 100 m, la longitud de vertiente va desde 50 a más de 500 m y tienen forma rectilínea según describe la geoforma. En el contexto vertientes y relieves inferiores se han registrado en campo tobas graníticas y granito, de la Formación Saraguro.



Figura 47. Vertiente Rectilínea – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Vertiente rectilínea con fuerte disección: Se ve representada en los extremos sur, este y oeste, en un 13,89%. Sobre materiales volcánicos antiguos en el contexto relieves diversificados, sin cobertura piroclástica. Son laderas que muestran una fuerte disección que se desarrolla sobre varias de las litologías descritas, dependiendo de la localización geográfica. Mayoritariamente en rocas intrusivas de granito, granodiorita, tonalita, diorita, granito con moscovita y biotita.

Se despliegan en pendientes más o menos constantes, de fuerte inclinación de 40 a 70% y una forma de vertiente rectilínea. En un desnivel relativo generalmente de 50 a más de 300m. Incluyendo vertientes desde 50 a más de 500 m de longitud, aunque en relieves diversificados únicamente se encuentran vertientes muy largas de más de 500 m.



Figura 48. Vertiente rectilínea con fuerte disección
Nota: Castillo C. (2023).

Vertiente abrupta: Estas vertientes tienen forma rectilínea se localizan en un 12,52% del territorio total. Son laderas con pendiente muy fuerte de 70 a 100%, con desnivel relativo de más de 100 m. Sobre la Formación Saraguro en todos los contextos se originan vertientes abruptas. Sus longitudes son de moderada a muy larga de 50 a más de 500 m, en el caso de los paisajes glaciares únicamente llegan a 250 m. En los contextos paisajes glaciares, vertientes y relieves inferiores y superiores se encuentran desniveles menores, de 50 a 100 m. En estos dos últimos contextos se presenta en campo una pendiente abrupta, aunque el insumo refleja una pendiente menor.



Figura 49. Vertiente abrupta – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Vertiente abrupta con fuerte disección: Se localiza en un 13,70% del territorio total. Se localiza dentro de los mismos contextos morfológicos que la vertiente abrupta (La1) y además en el contexto relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).

La vertiente abrupta con fuerte disección se desarrolla sobre los materiales de la Formación Saraguro en todos los contextos, excepto en el contexto relieves de los márgenes de cimas frías, donde solo se desarrollan estas vertientes sobre la Formación Tarqui.

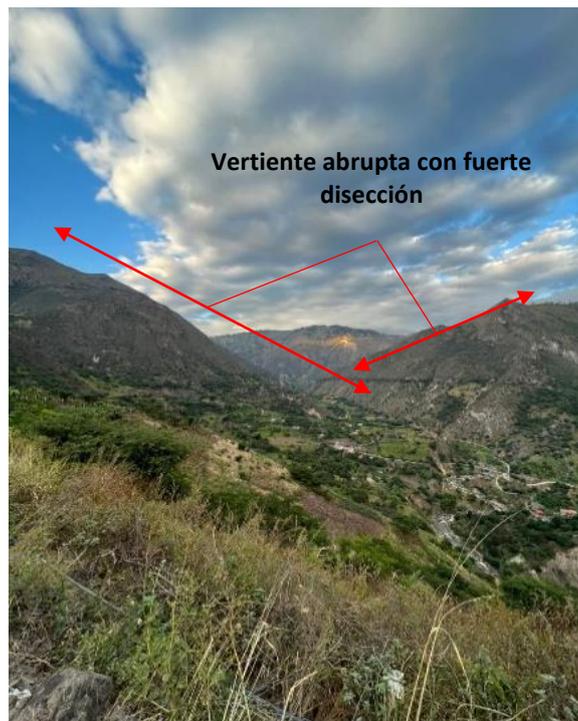


Figura 50. Vertiente abrupta con fuerte disección
Nota: Castillo C. (2023).

Vertiente heterogénea: Esta geoforma se representa en un 21,29% del área estudiada, siendo este el porcentaje mayor. Conforme la localización geográfica, se desarrolla sobre casi todas las litologías presentes. Se tiene laderas de perfil mixto o irregular, con longitudes de moderadamente largas a muy largas de 50 a más de 500 m, con pendientes del 12 al 70%, desniveles relativos generalmente mayores de 100 m aunque en todos los casos mayores de 50 m. En los paisajes glaciares se dan solo desniveles de 50 a 100 m. La litología perteneciente a la Formación Saraguro debido a que se trata de un relieve que concuerda mejor con esta formación.

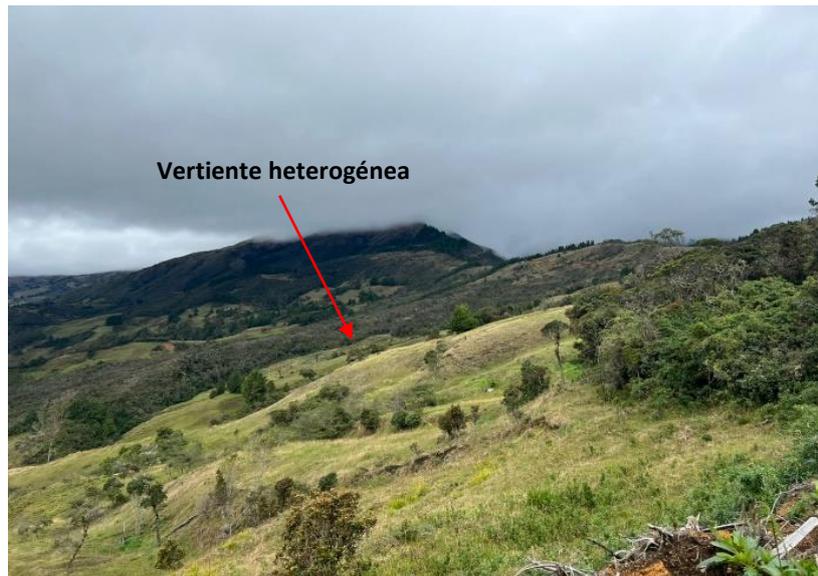


Figura 51. Vertiente heterogénea – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Vertiente heterogénea con fuerte disección: Se observa a esta geoforma repartida a los extremos norte y sur del sector en estudio, en un 21,12% conforme el área total. Se muestran generalmente pendientes de media a fuerte hasta fuerte de 25 a 70%, un desnivel mayor de 200 m y vertientes de longitud muy larga superiores a 500 m, con forma irregular o mixta. En los relieves de fondo se tiene pendientes medias, desnivel de 100 a 200 m y vertientes moderadamente largas de 50 a 250 m; este mismo desnivel se localiza también en los relieves de los márgenes de cimas frías y vertientes y relieves superiores.

Se registran sobre la Formación Saraguro en todos los contextos excepto en los relieves de los márgenes de cimas frías. En los dos contextos de vertientes y relieves también se forman las vertientes heterogéneas sobre la Formación Tarqui y en las vertientes y relieves inferiores se dan sobre el macizo de granito con moscovita y biotita.



Figura 52. Vertiente heterogénea con fuerte disección – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Origen: Volcánico

Relieve volcánico colinado alto: Esta geoforma se ubica en un 3,78% al norte de la zona de estudio, donde las elevaciones se presentan de hasta 200 m de desnivel relativo, con pendientes de 12 a 70%, cimas agudas, vertientes rectilíneas o mixtas, con una longitud de vertiente de moderadamente larga a larga de 50 a 250 m y valles en forma de V y en algunos casos en forma de U. Se encuentra en todos los contextos morfológicos menos en medio aluvial de sierra y relieves diversificados, sobre las formaciones Saraguro y Tarqui. En el contexto vertientes y relieves inferiores se puede observar vertientes muy largas, formas de vertiente irregular y pendientes muy fuertes.



Figura 53. Relieve volcánico colinado alto – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Origen: Poligénica

Interfluvio de cimas estrechas: En el área de estudio corresponde al 2,12%, se los localiza al este y oeste. Se presentan interfluvios con cimas de forma aguda, donde las pendientes van de media a fuerte de 25 a 70%. Se forman en todos los contextos sobre la Formación Saraguro, en ambos contextos de vertientes y relieves, incluyendo la Formación Tarqui y en los relieves de los márgenes de las cimas frías se desarrollan principalmente sobre un conjunto intrusivo formado por granito, granodiorita, tonalita y diorita.



Figura 54. Interfluvio de cimas estrechas – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



6.1.4. Uso de suelo

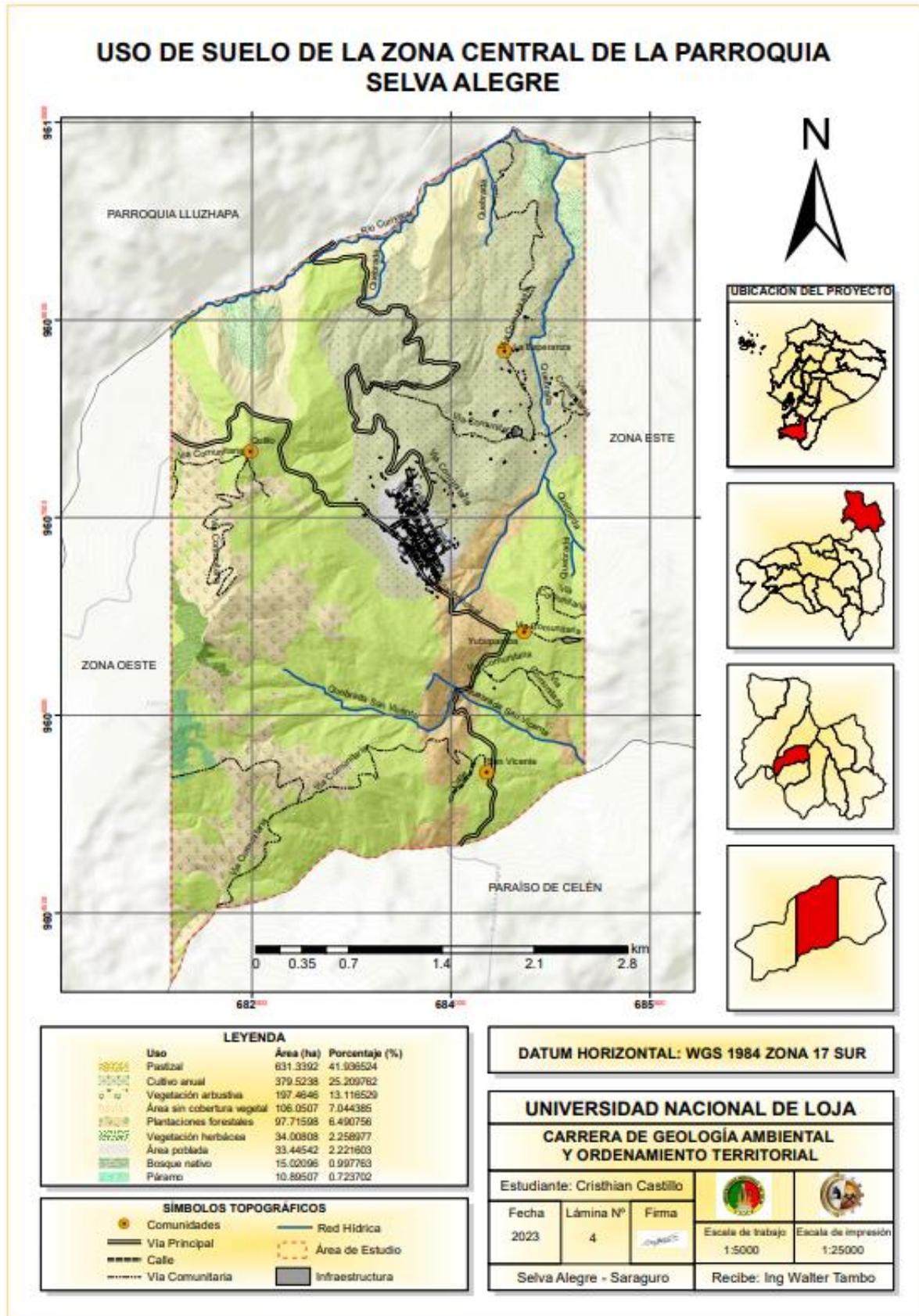


Figura 55. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
 Nota: Castillo C. (2023).



Como resultado del trabajo de campo en la zona de estudio y la clasificación supervisada se obtuvo el uso actual de suelo, el mismo que es detallado en la tabla expuesta a continuación:

Tabla 15. Uso de suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Uso	Área (ha)	Porcentaje
Pastizal	631.339184	41.936524
Cultivo anual	379.523834	25.209762
Vegetación arbustiva	197.464593	13.116529
Área sin cobertura vegetal	106.050667	7.044385
Plantaciones forestales	97.715978	6.490756
Vegetación herbácea	34.008075	2.258977
Área poblada	33.445423	2.221603
Bosque nativo	15.020957	0.997763
Páramo	10.895069	0.723702

Nota: Castillo C. (2023).

El pastizal es el uso predominante en la zona central de la Parroquia Selva Alegre, ocupando un 41,93% equivalente a 631,33 hectáreas de la zona de estudio; seguido por los cultivos anuales con un porcentaje del 25,20% dando un total de 379,52 hectáreas en los cuales se evidencia cereales como las plantaciones del maíz, tubérculos como la papa, hortalizas y plantas medicinales.

En menor porcentaje se tiene a la vegetación arbustiva con un 13,11% es decir 197,46 hectáreas, adicionalmente con porcentajes similares tenemos al área sin cobertura vegetal, plantaciones forestales y vegetación herbácea con porcentajes de 7,04%; 6,49% y 2,25% respectivamente.

Dentro de los porcentajes más bajos se tiene al bosque nativo y páramo, los cuales ocupan porcentajes del 0,99% y 0,72%, siendo estos equivalentes a 15,02 hectáreas y 10,89 hectáreas respectivamente. Para concluir se recalca que al área poblada de la zona de estudio corresponde a un 2,22% con un área de 33,41 hectáreas. (Ver anexo 13)



6.1.5. Geología local

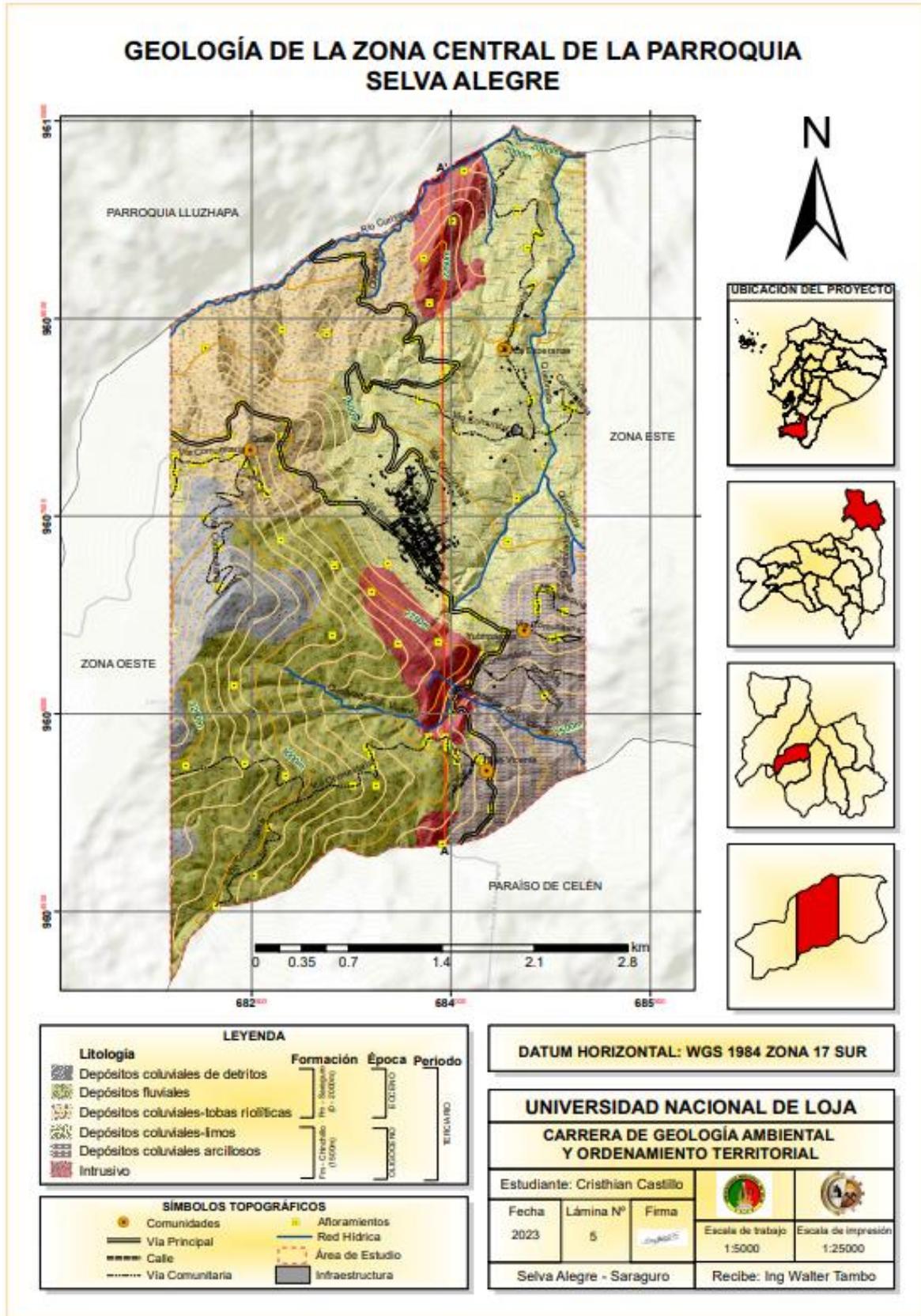


Figura 56. Mapa Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Castillo C. (2023).



En principio, se ubica como basamento rocas de origen intrusivo conformado por basaltos, sobreyace los depósitos fluviales resultado de acumulaciones que resultan por la acción del agua de un río o quebrada, indicándose la influencia de las siguientes fuentes hídricas río San Vicente y la quebrada Yuberpamba, conformadas de rocas volcánicas y rocas sedimentarias. Concordante se ubican los depósitos coluviales-limos que son resultado de la acumulación in situ de material coluvial producto del desprendimiento del macizo rocoso de origen volcánico con detritos mal graduados y materiales limosos. (Ver anexo 14 y 15)

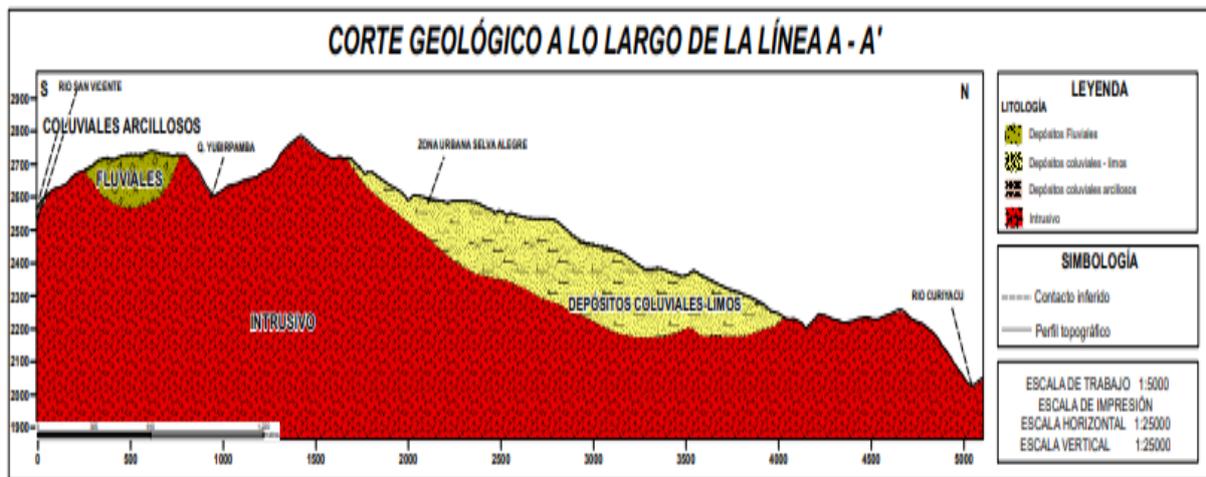


Figura 57. Corte Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Castillo C. (2023).

Una vez levantada la información en campo, se constataron depósitos coluviales de limos y arcillas, a su vez depósitos coluviales de detritos y de tobas riolíticas, se evidenciaron de la misma manera depósitos fluviales e intrusivo, este último conformado principalmente por andesita.

Tabla 16. Litologías de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Litología	Área (ha)	Porcentaje
Depósitos coluviales-limos	488.929138	32.476078
Depósitos fluviales	397.713716	26.417288
Depósitos coluviales-tobas riolíticas	250.741802	16.654991
Depósitos coluviales arcillosos	149.44114	9.92631
Intrusivo	118.277309	7.856319
Depósitos coluviales de detritos	100.402379	6.669014

Nota: Castillo C. (2023).

A continuación se detallan los afloramientos más importantes de la zona de estudio por cada litología analizada:

Depósitos coluviales arcillosos

Afloramiento N° 1: Ubicado en la coordenada X= 684852.16 m, Y= 9606586.73 m y Z=2655m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho±40m y una altura de ±10m. Dicho



afloramiento desde la parte superficial consta de una vegetación herbácea luego una capa de suelo orgánico, continuando con un material arcilloso medianamente consolidado como son las lutitas de coloración blanquecino y rojiza.

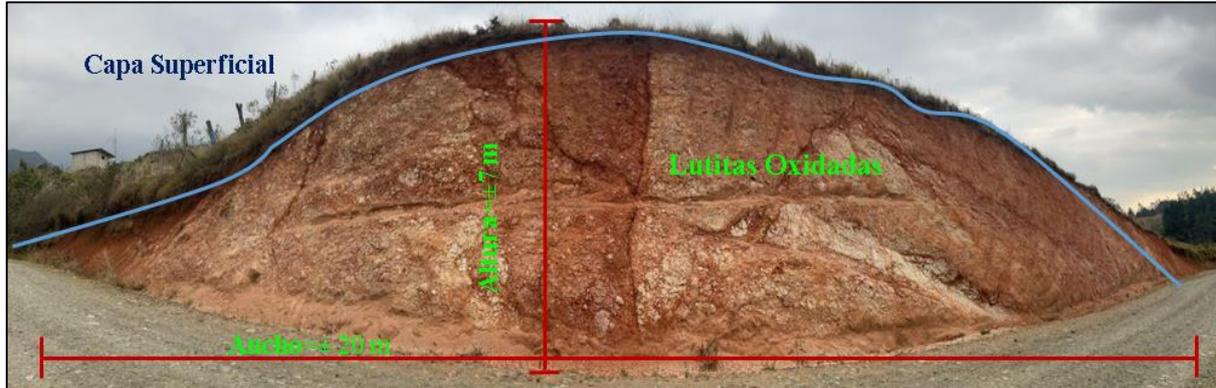


Figura 58. Afloramiento 1 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Afloramiento N° 5: Este afloramiento tiene las siguientes dimensiones ancho ± 25 m y una altura de ± 4 m. Ubicado en la coordenada X=684762.75 m, Y=9606949.42 m y Z=2596 m s.n.m. La litología de este afloramiento desde la parte superficial consta de una vegetación arbórea y herbácea, capa de suelo orgánico con una potencia de ± 0.3 m, continuando con una capa de material limo arcilloso medianamente consolidados y meteorizados de coloración rojiza y blanquecina.

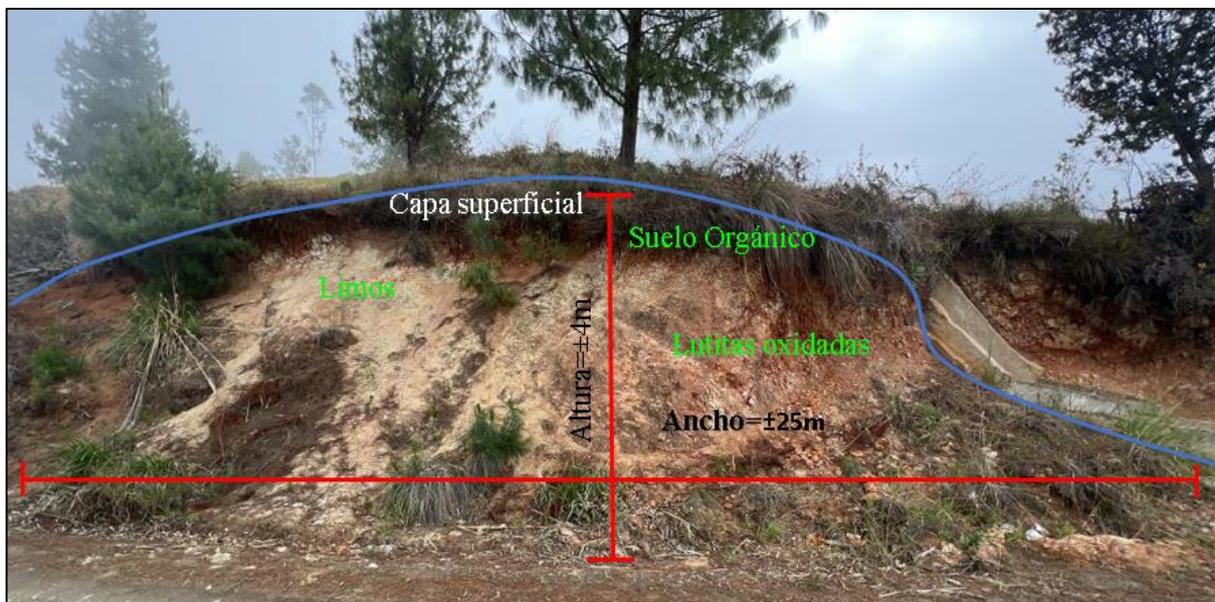


Figura 59. Afloramiento 5 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Depósitos coluviales - limos

Afloramiento N° 7: Ubicado en las coordenadas X=683776.40 m, Y=9607934.22 m y Z=3287 m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho ± 35 m y una altura de ± 4 m,



afloramiento de origen antrópico su litología formada principalmente por lutitas altamente meteorizadas y oxidadas de coloración rojiza.

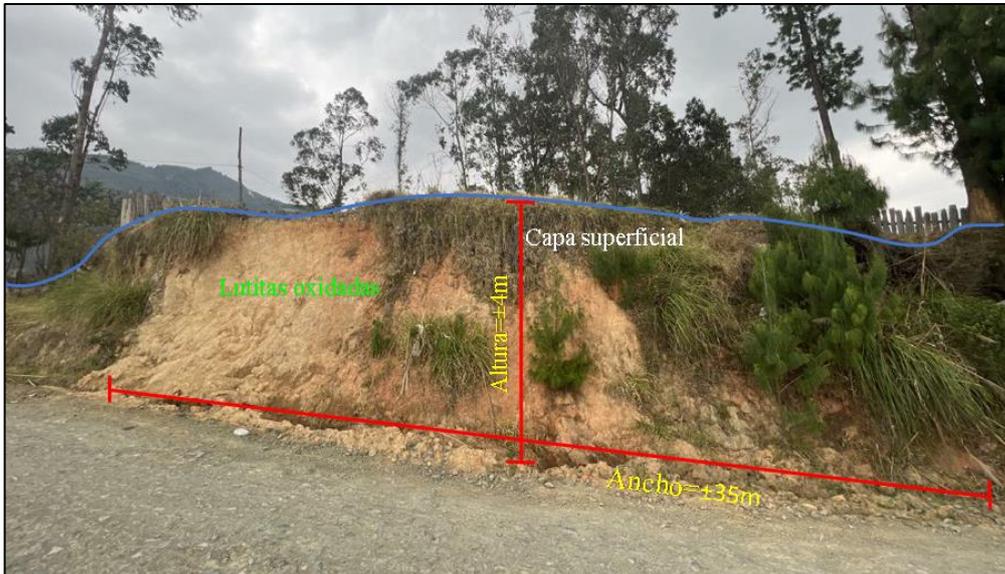


Figura 60. Afloramiento 7 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Afloramiento N° 9: Ubicado en la vía principal Saraguro-Selva Alegre con coordenada $X=683996.54$ m, $Y=9606833.51$ m y $Z=2637$ m s.n.m. sus dimensiones: ancho ± 60 m y una altura de ± 15 m, afloramiento de origen antrópico su litología se puede describir de la siguiente manera; presenta una capa orgánica en la zona superior luego material limoso arcilloso de coloración marrón con detritos finos.



Figura 61. Afloramiento 9 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Depósitos fluviales

Afloramiento N° 10: Se ubica en las coordenadas X=683425.78 m, Y=9605606.99 m y Z=2757m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho $\pm 30\text{m}$ y una altura de $\pm 10\text{m}$, siendo este de origen antrópico forma parte de la Formación Chinchillo, este afloramiento parte desde una vegetación de tipo herbácea continuando con una pequeña capa de $\pm 0.3\text{m}$ de potencia de suelo orgánico, luego la presencia de lutitas altamente meteorizadas de coloración blanquecina con una potencia de $\pm 10\text{m}$.



Figura 62. Afloramiento 10 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Afloramiento N° 11: Ubicado en las coordenadas X= 683974.72 m, Y=9605746.52 m y Z=2712m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho $\pm 50\text{m}$ y una altura de $\pm 15\text{m}$, siendo este de origen antrópico forma parte de la Formación Chinchillo, este afloramiento parte desde una vegetación de tipo arbustiva continuando con una pequeña capa de $\pm 0.3\text{m}$ de potencia de suelo orgánico, luego la presencia de brechas mal graduadas.

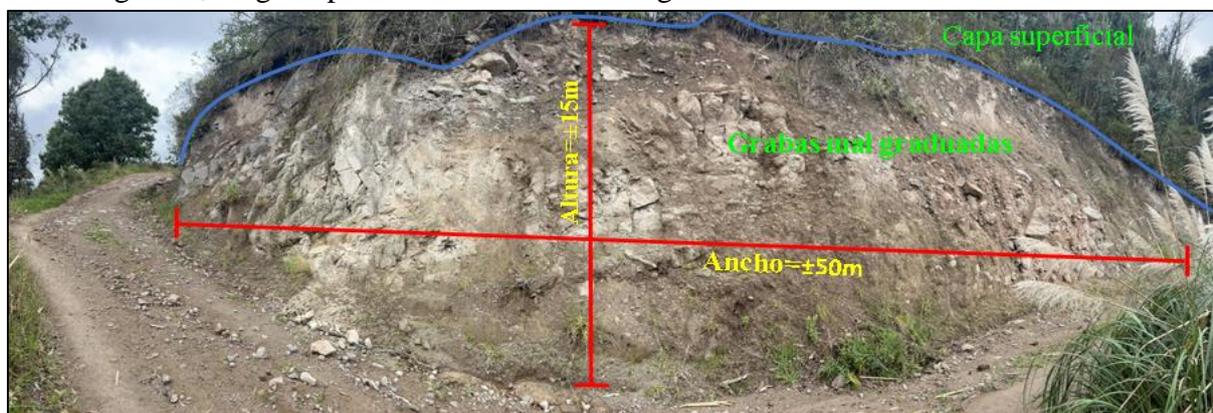


Figura 63. Afloramiento 11 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Afloramiento N° 16: Ubicado en las coordenadas X=682628.70 m, Y=9605129.23 m y Z=2963m s.n.m. sus medidas son: ancho ± 30 m y una altura de ± 10 m, de origen antrópico forma parte de la Formación Chinchillo, su litología en la parte superficial un suelo orgánico seguidos de lutitas meteorizadas y oxidadas y en la parte inferior andesitas meteorizadas y oxidadas de coloración café.

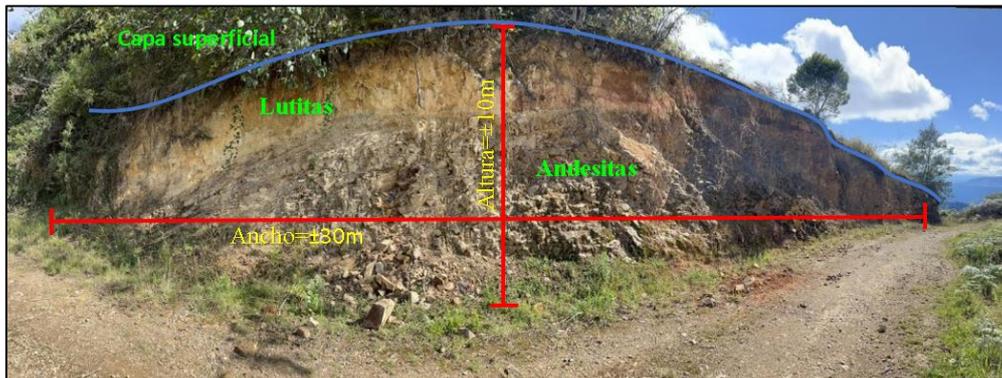


Figura 64. Afloramiento 16 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Depósitos coluviales de detritos

Afloramiento N° 21: Ubicado en las coordenadas X=682250.36 m, Y=9607261.55 m y Z=3287 m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho ± 30 m y una altura de ± 4 m, afloramiento de origen antrópico ocasionado por la construcción de la vía. La litología de este afloramiento consta de material limo arcilloso como matriz cementante y material piroclástico de diferente diámetro.

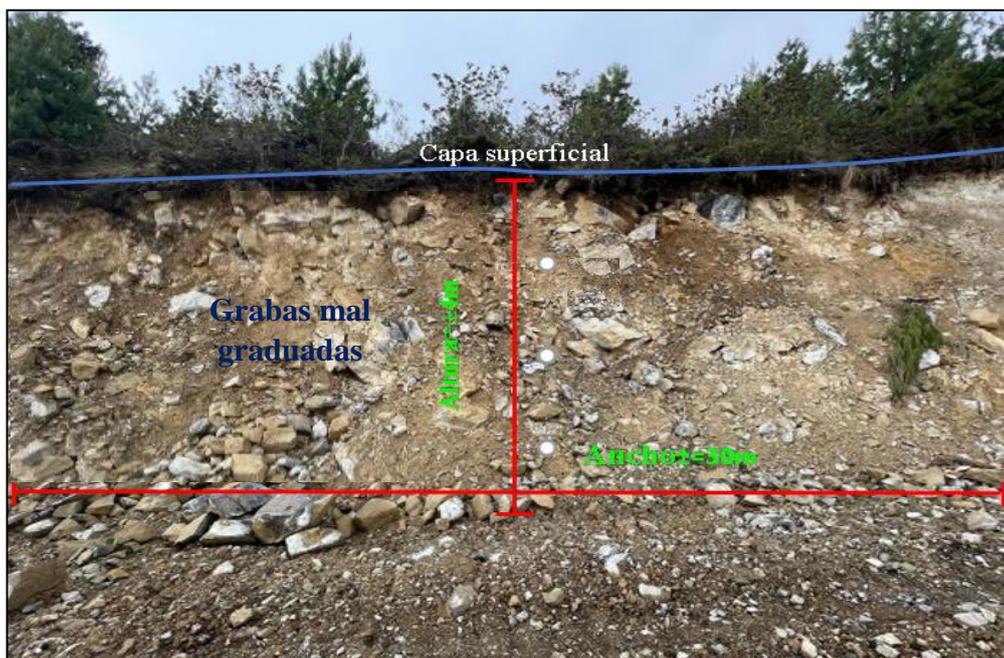


Figura 65. Afloramiento 21 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Afloramiento N° 30: Ubicado en las coordenadas X= 682262.98 m, Y=9606965.16 m y Z=3287 m s.n.m. Con las siguientes dimensiones ancho $\pm 100\text{m}$ y una altura de $\pm 5\text{m}$, afloramiento de origen antrópico ocasionado por la construcción de la vía. La litología de este afloramiento consta de material limo arcilloso como matriz cementante y material piroclástico de diferente diámetro.



Figura 66. Afloramiento 30 – Zona Central

Nota: Castillo C. (2023).

Intrusivo

Se presentan en la zona central de la parroquia Selva Alegre, encontrándose dentro de la Formación Saraguro, su litología está compuestos de basaltos columnares y andesitas, de origen ígneo.



Figura 67. Basaltos columnares y andesitas – Zona Central

Nota: Castillo C. (2023).



Depósitos coluviales – tobas riolíticas

Afloramiento N° 55: La litología de este afloramiento está conformada principalmente de conglomerado, ubicado en la vía a Lluzhapa con las coordenadas X=683719.94 m, Y=9608845.86 m y Z=3287m s.n.m. con las siguientes dimensiones ancho ± 50 m y una altura de ± 30 m, siendo de origen antrópico forma parte de la Formación Saraguro, la superficie es una vegetación de tipo herbácea continuando con una pequeña capa de ± 0.3 m de potencia de suelo.

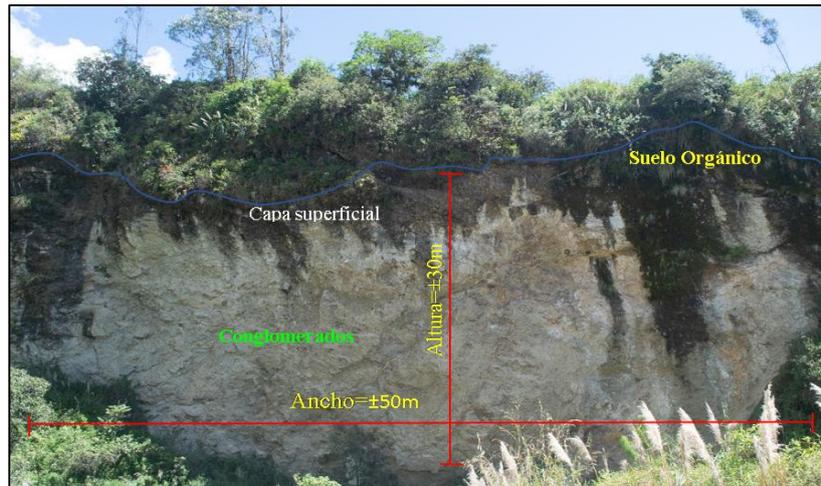


Figura 68. Afloramiento 55 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).

Afloramiento N° 79: Conformado por los depósitos volcánicos estratificados con un rumbo S 78° E y buzamiento de 44° SW las coordenadas de ubicación son: X=683348.05 m, Y=9609471.76 m y Z=3267m s.n.m. el origen de este afloramiento es antrópico, formando parte de la Formación Saraguro, su litología parte de una pequeña capa de suelo orgánico de ± 0.3 m de potencia de suelo orgánico seguido de estratos de lutitas, rocas detríticas y limolitas.

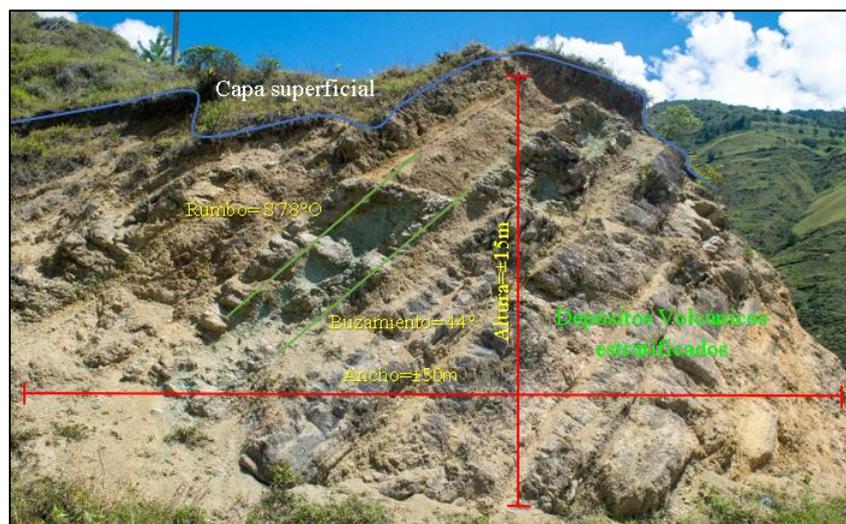


Figura 69. Afloramiento 79 – Zona Central
Nota: Castillo C. (2023).



Tabla 17. Afloramientos totales de la zona de estudio

Punto	X (m)	Y (m)	Z (m s.n.m.)	Punto	X (m)	Y (m)	Z (m s.n.m.)	Punto	X (m)	Y (m)	Z (m s.n.m.)
1	684852	9606587	2668	43	683768	9608382	2409	85	684360	9606476	2632
2	681925	9607863	2871	44	683661	9608842	2292	86	684248	9606443	2622
3	681923	9607811	2868	45	681937	9608097	2797	87	684146	9606227	2605
4	681931	9607724	2861	46	683745	9608848	2311	88	684019	9606107	2595
5	684763	9606949	2629	47	683447	9608271	2504	89	684012	9606011	2589
6	682340	9608116	2780	48	683706	9607993	2570	90	683958	9605825	2710
7	683776	9607934	2573	49	684864	9608330	2347	91	684166	9605851	2579
8	684300	9605525	2590	50	682711	9607986	2724	92	683976	9605768	2706
9	683997	9606834	2636	51	682235	9604545	2952	93	684034	9605696	2673
10	683426	9605607	2843	52	683894	9608348	2397	94	684048	9605637	2684
11	683975	9605747	2707	53	682141	9607906	2870	95	684192	9605670	2626
12	682356	9607945	2861	54	683037	9607677	2671	96	684248	9605629	2609
13	682417	9608357	2764	55	683720	9608846	2303	97	684305	9605269	2580
14	682778	9608212	2744	56	683939	9608533	2373	98	683936	9605007	2580
15	682740	9608098	2738	57	683978	9608578	2370	99	683264	9605451	2910
16	682629	9605129	2965	58	683987	9608605	2370	100	683437	9605451	2858
17	682735	9607890	2715	59	684041	9608655	2348	101	683401	9605691	2832
18	682577	9607731	2846	60	684705	9606140	2540	102	683366	9605745	2825
19	683050	9607652	2667	61	683525	9607137	2647	103	683813	9605776	2735
20	682616	9607666	2845	62	683981	9606903	2631	104	682717	9607316	2886
21	682250	9607262	3058	63	684004	9606863	2634	105	683124	9607122	2806
22	682833	9607833	2699	64	684121	9606777	2646	106	683109	9606594	2954
23	682157	9607494	2979	65	684200	9606737	2643	107	682367	9606213	3028
24	681931	9607944	2878	66	684236	9606720	2640	108	682006	9605609	3198
25	682230	9607943	2862	67	684758	9608147	2329	109	682448	9605618	3142
26	682513	9607846	2857	68	684916	9608306	2348	110	682756	9605532	3033
27	682441	9607895	2890	69	684609	9608381	2314	111	682516	9604773	2898
28	684863	9606766	2620	70	684418	9608786	2277	112	683908	9606540	2739
29	683317	9609159	2246	71	682062	9607905	2877	113	683601	9606535	2849
30	682263	9606965	3165	72	684672	9609630	2126	114	683405	9606927	2756
31	683237	9609473	2203	73	684474	9608928	2258	115	684432	9607308	2490
32	683343	9609247	2237	74	684619	9609253	2209	116	684495	9607641	2429
33	683666	9609068	2276	75	684576	9609538	2143	117	684701	9607884	2342
34	683346	9609476	2206	76	684643	9609647	2128	118	684855	9607493	2422
35	682511	9607842	2860	77	684760	9606569	2672	119	683839	9609112	2241
36	683161	9607597	2656	78	684824	9606585	2669	120	683797	9609456	2265
37	683357	9608484	2421	79	683348	9609472	2206	121	684014	9609742	2200
38	683397	9608484	2429	80	684654	9606789	2637	122	684103	9610118	2041
39	683375	9608458	2427	81	684656	9606851	2637	123	682156	9608773	2521
40	684500	9609816	2095	82	684661	9606932	2634	124	682733	9608922	2315
41	684416	9608766	2277	83	684764	9606941	2631	125	683066	9608885	2373
42	684024	9608137	2374	84	684417	9606629	2642	126	683836	9605816	2727

Nota: Castillo C. (2023).



6.1.5.1. Columnas estratigráficas.

➤ Depósitos coluviales arcillosos

En el siguiente depósito se encuentra clastos subredondeados que van desde los 2 mm hasta los 20 mm, cementado con arcillas rojizas, por la presencia de óxidos de hierro; comprendiendo un porcentaje del 65% de arcillas y un 35% de clastos altamente meteorizados; el área que ocupa este depósito es de 149.44 ha y se encuentran en las comunidades de San Vicente y Yubirpamba.

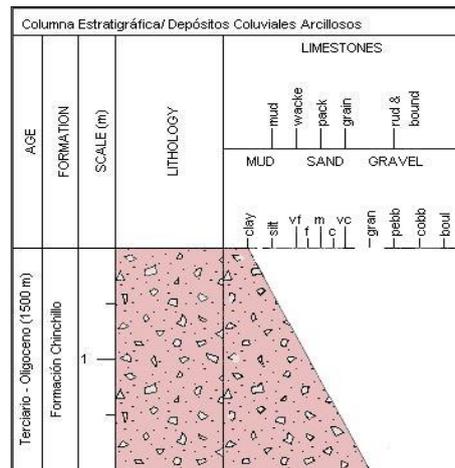


Figura 70. Depósitos coluviales arcillosos
Nota: Castillo C. (2023).

➤ Depósitos coluviales - limos

En el siguiente depósito se encuentra clastos subredondeados que van desde los 2 mm hasta los 45 mm, cementado con limos finos, de color rojizos amarillentos, por la presencia de óxidos de hierro; comprendiendo un porcentaje del 70% de limos y un 30% de clastos altamente meteorizados; el área que ocupa este depósito es de 488.93 ha y se encuentran en las comunidades de La Esperanza y Cabecera Parroquial de Selva Alegre.

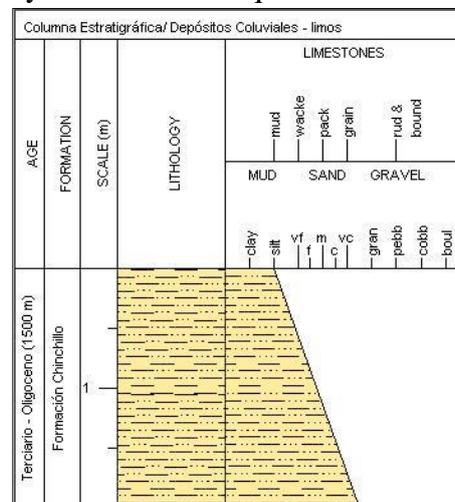


Figura 71. Depósitos coluviales - limos
Nota: Castillo C. (2023).



➤ **Depósitos coluviales – tobas riolíticas**

En el siguiente depósito se encuentra clastos subredondeados que van desde los 2 mm hasta los 35 mm, y tobas subredondeadas - subangulosas; comprendiendo un porcentaje del 60% de tobas, un 20% de clastos y un 20% de material limo - arcilloso altamente meteorizado como cementante; el área que ocupa este depósito es de 250.74 ha y se encuentran presente en la comunidad de Quillo.

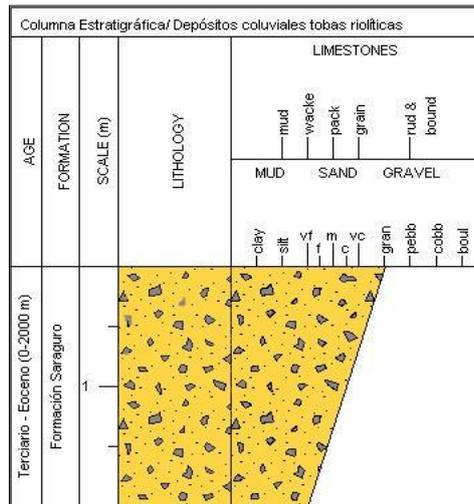


Figura 72. Dep. Coluviales – tobas riolíticas
Nota: Castillo C. (2023).

➤ **Depósitos coluviales de detritos**

En el siguiente depósito se encuentra detritos subredondeados y angulosos de diferente diámetro que van desde los 2 mm hasta los 63 mm; comprendiendo un porcentaje del 70% de detritos, y un 30% de material limo - arcilloso altamente meteorizado como matriz cementante; el área que ocupa este depósito es de 100.40 ha y se encuentran al oeste de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

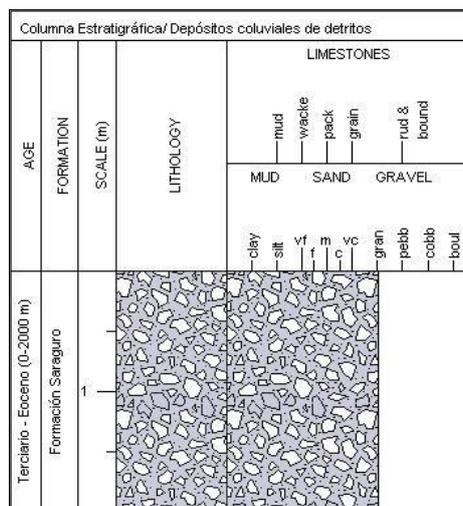


Figura 73. Depósitos coluviales de detritos
Nota: Castillo C. (2023).



➤ **Depósitos fluviales**

En el siguiente depósito se encuentra clastos redondeados, subredondeados, subangulosos y angulosos de diferente diámetro que van desde los 3 cm hasta los 45 cm; comprendiendo un porcentaje del 89% de clastos, y un 20% de material limo - arcilloso altamente meteorizado como matriz cementante; el área que ocupa este depósito es de 397.71 ha y se encuentran al suroeste de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

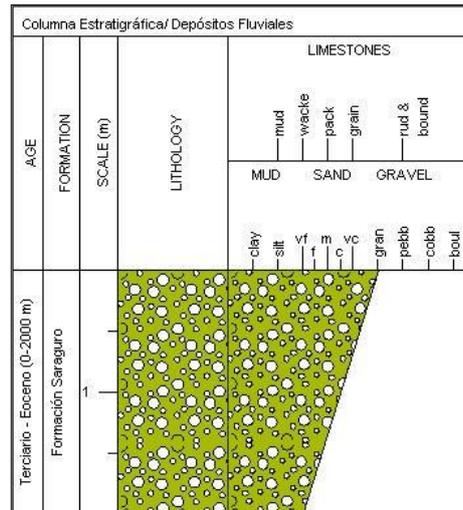


Figura 74. Depósitos fluviales
Nota: Castillo C. (2023).

➤ **Intrusivo**

Ocupa alrededor de 118.27 ha, de tonalidades oscuras, aflora en comunidades como San Vicente y La Esperanza, pero se infiere que se encuentra por debajo de las litologías antes descritas, debido al basamento ígneo de la zona, perteneciente a la Formación Saraguro, es decir sobre este material reposa la Formación Chinchillo.

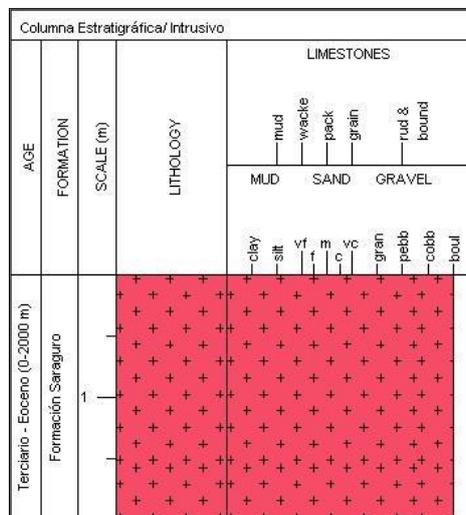


Figura 75. Intrusivo
Nota: Castillo C. (2023).



A continuación se muestra la columna estratigráfica completa de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre.

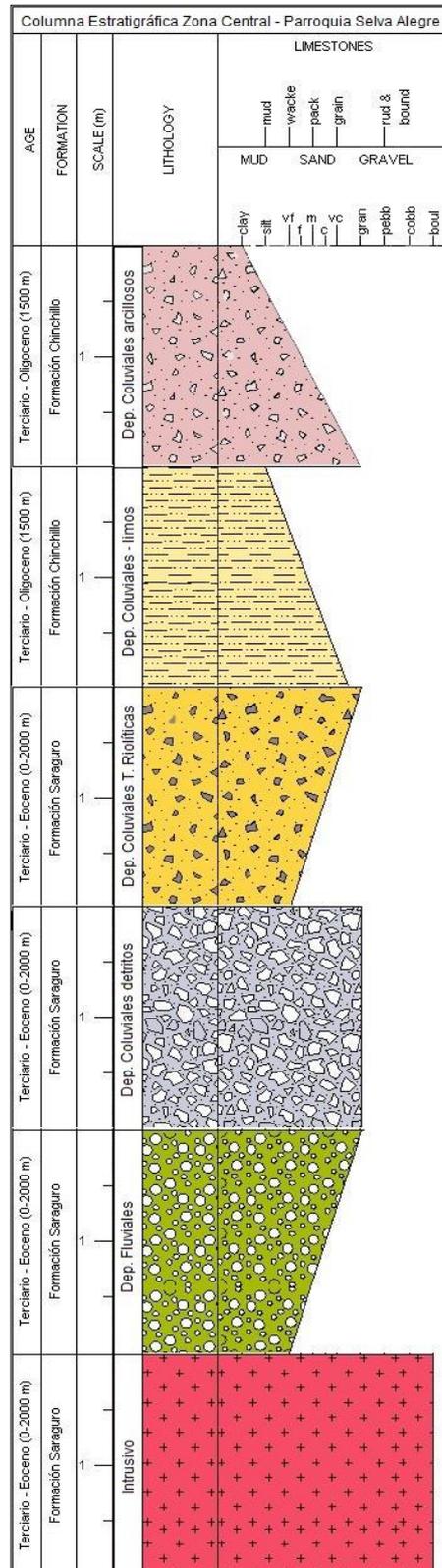


Figura 76. Columna estratigráfica

Nota: Castillo C. (2023).



6.2. Variables valoradas mediante el Método de Evaluación Multicriterio de Jerarquización Analítica de Saaty

➤ Pendientes

La pendiente al estar relacionada estrechamente con la geología del sector, se analizó la litología como soporte para la valoración, esto dicho también con el uso de suelo, pues en un terreno con un ángulo de inclinación fuerte que no presente recubrimiento vegetal es más susceptible que un terreno con las mismas características pero con presencia de vegetación.

En el sector de estudio las pendientes empinadas que van desde los 35° hasta las 55°, corresponden a la mayor susceptibilidad presente, pues hacen referencia a cortes para vías, es decir la actividad antrópica, y sumado a esto la actividad erosiva. Siendo así las pendientes empinadas y muy inclinadas las más inestables por ende su peso es mayor.

Tabla 18. Valoración de la pendiente

	Pendientes empinadas(35°-55°)	Pendientes muy inclinadas (15°-35°)	Pendientes verticales(>55°-80.58°)	Pendientes fuertemente inclinadas(5°-15°)	Pendientes ligeramente inclinadas (0°-5°)		
Pendientes empinadas(35°-55°)	1	2	3	3	4	2.60	0.32
Pendientes muy inclinadas (15°-35°)	0.50	1	3	2	4	2.10	0.25
Pendientes verticales(>55°-80.58°)	0.33	0.33	1	4	4	1.93	0.23
Pendientes fuertemente inclinadas(5°-15°)	0.33	0.50	0.25	1	4	1.22	0.15
Pendientes ligeramente inclinadas (0°-5°)	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.40	0.05
						8.25	1

Nota: Castillo C. (2023).

➤ Geomorfología

En esta variable, se puede evidenciar como en cada geoforma existente, hay un nivel de acción erosiva distinto sobre el material. Esta geomorfología, se ha ponderado teniendo en cuenta otras variables como la geología y pendiente, donde se hace referencia que dependiendo que litología este presente, y a que pendiente, dan paso a nuevas geoformas que pueden ser o no más propensas a un deslizamiento.



Tabla 19. Valoración Geomorfológica

	Deslizamientos	Vertiente rectilínea con fuerte disección	Vertiente heterogénea con fuerte disección	Vertiente abrupta con fuerte disección	Vertiente heterogénea	Vertiente rectilínea	Vertiente abrupta	Barranco	Interfluvio de cimas estrechas	Relieve volcánico colinado alto		
Depósito de deslizamientos	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	2.70	0.16
Vertiente rectilínea con fuerte disección	0.50	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2.55	0.15
Vertiente heterogénea con fuerte disección	0.50	0.50	1	3	3	3	3	3	4	4	2.50	0.15
Vertiente abrupta con fuerte disección	0.50	0.50	0.33	1	2	3	3	3	4	4	2.13	0.12
Vertiente heterogénea	0.33	0.33	0.33	0.50	1	3	3	3	4	4	1.95	0.11
Vertiente rectilínea	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1	3	4	4	4	1.77	0.10
Vertiente abrupta	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1	3	4	4	1.40	0.08
Barranco	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.25	0.33	1	4	4	1.12	0.07
Interfluvio de cimas estrechas	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	4	0.70	0.04
Relieve volcánico colinado alto	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.33	0.02
											17.15	1

Nota: Castillo C. (2023).

➤ **Uso de suelo**

Un deslizamiento tiene estrecha conexión con el uso de suelo, pues los bosques endurecen el terreno de cierta forma, bajando la probabilidad de deslizamiento, siendo entonces evidente que la erosión es mucho mayor en zonas de vegetación baja, ya que donde hay árboles altos la erosión es menor.

La siembra de pastos y cultivos, ha conllevado a la deforestación, lo cual genera una inestabilidad grande de los terrenos, con esto se constata que a mayor vegetación menor probabilidad de que se deslice, mientras que en suelos desnudos, la susceptibilidad es mayor, por ende es un aspecto a tomar en cuenta.

Con lo antes mencionado, sumado a la litología del sector de estudio, se ha asignado la ponderación correspondiente, con la cual se ha obtenido los pesos respectivos.



Tabla 20. Valoración uso de suelo

	Pastizal	Vegetación arbustiva	Cultivo anual	Plantaciones forestales	Área sin cobertura vegetal	Vegetación herbácea	Bosque nativo	Páramo	Área poblada		
Pastizal	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2.78	0.18
Vegetación arbustiva	0.50	1	2	3	3	3	4	4	4	2.72	0.18
Cultivo anual	0.50	0.50	1	2	2	2	4	4	4	2.22	0.14
Plantaciones forestales	0.33	0.33	0.50	1	3	3	4	4	4	2.24	0.14
Área sin cobertura vegetal	0.33	0.33	0.50	0.33	1	2	3	4	4	1.72	0.11
Vegetación herbácea	0.33	0.33	0.50	0.33	0.50	1	3	4	4	1.55	0.10
Bosque nativo	0.33	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	1	4	4	1.19	0.08
Páramo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	4	0.75	0.05
Área poblada	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.33	0.02
										15.51	1

Nota: Castillo C. (2023).

➤ Geología

Dentro de esta variable, es importante el reconocimiento en campo especialmente de las pendientes, ya que influye de manera directa a un deslizamiento; con esto se procedió a la ponderación de cada una de las litologías, para obtener los pesos correspondientes.

Tabla 21. Valoración geológica

	Depósitos coluviales arcillosos	Depósitos coluviales limos	Depósito fluviales	Depósitos coluvial de detritos	Depósitos coluviales-tobas riolíticas	Intrusivo		
Depósitos coluviales arcillosos	1	2	2	3	3	3	2.33	0.26
Depósitos coluviales limos	0.50	1	2	3	3	3	2.08	0.23
Depósito fluviales	0.50	0.50	1	2	3	3	1.67	0.18
Depósitos coluvial de detritos	0.33	0.33	0.50	1	3	4	1.53	0.17
Depósitos coluviales-tobas riolíticas	0.33	0.33	0.33	0.33	1	4	1.05	0.12
Intrusivo	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	1	0.42	0.05
							9.08	1

Nota: Castillo C. (2023).



6.2.1. Aplicación de la matriz de jerarquización analítica de Saaty (AHP)

Con los mapas obtenidos anteriormente de cada variable, se procede a relacionar cada una de ellas por pares, analizando cada una de sus características e influencia, lo cual permitió emitir un criterio claro del orden de importancia de las variables ante un posible evento.

Dentro del presente estudio, las variables se jerarquizan según su importancia, obteniendo el siguiente orden:

- Geomorfología
- Geología
- Pendiente
- Uso de suelo

Considerando el orden anterior, se realiza el cruce de variables por pares, de manera técnica, logrando definir el valor de importancia de cada uno de los factores en un fenómeno geológico dentro de la zona de estudio, reflejado en los valores de preferencia (1 a 4) en los cruces de las variables analizadas, tomando en cuenta sus características descritas a continuación:

- **Geomorfología – Geología:** Dentro de la zona de estudio, las geoformas son producto de los procesos tectónicos erosivos de los materiales, los mismos que han dado paso en gran parte a vertientes es decir superficies topográficas inclinadas, representando más del 87% del área total. Además los materiales distribuidos en estas zonas corresponden a depósitos coluviales limosos y arcillosos correspondiente a la formación chinchillo, a su vez en estas zonas un factor a tener en cuenta es el escurrimiento de agua, por lo cual se ha asignado un valor de igual preferencia a esta relación geomorfológica – geológica.
- **Geomorfología – Pendiente:** Con el previo conocimiento de más del 87% en vertientes dentro de la geomorfología, es muy importante recalcar que las pendientes muy inclinadas y empinadas ocupan alrededor del 80% de la zona de estudio, por lo cual es una relación a tomar en cuenta. Es decir las geoformas se encuentran condicionadas por los altos grados de pendiente, evaluadas en la morfometría del área de estudio. Con lo antes mencionado se ha considerado una moderada preferencia, con la geomorfología predominando sobre la pendiente.
- **Geomorfología – Uso de suelo:** En esta relación se evidencia a las geoformas como parte de las actividades realizadas en la zona de estudio, que son principalmente agrícolas y pecuarias, los mismo que representados en cultivos anuales y pastizales ocupan alrededor de 1010 hectáreas, es decir un 67% de la zona de estudio,



favoreciendo a la degradación de los materiales existentes. Con este análisis se puede identificar a la geomorfología con un nivel de fuerte preferencia con respecto al uso de suelo.

- **Geología - Pendiente:** Al encontrar dentro de la geología depósitos coluviales y fluviales alrededor del 90%, es importante tomar en cuenta las pendientes que tanto para muy inclinadas y verticales, que atraviesan estas litologías, ocupan un 80% de la zona de estudio. Con este análisis se ha podido evidenciar que la mayor parte de los deslizamientos se encuentran en estos rangos de pendientes mayores, mientras que en rangos inferiores y litologías más fuertes se ven reducidos significativamente. Por lo tanto la geología tiene una moderada preferencia en relación al criterio de pendientes, considerando los depósitos de deslizamientos en toda el área de estudio.
- **Geología – Uso de suelo:** Debido a los depósitos coluviales de arcillas, limos y material aluvial existente en la zona, se ha aprovechado para diversos usos, es aquí donde las comunidades se ven favorecidas tanto en sus siembras, como en sus pastizales para la ganadería. Es por ello que debido a los diferentes procesos erosivos que ha sufrido la zona de estudio, se ha considerado la geología con una moderada preferencia sobre el uso actual de suelo, esta relación geología – uso de suelo es propensa a sufrir fenómenos geológicos de deslizamientos afectando a la comunidad.
- **Pendiente – Uso de suelo:** Dentro de esta relación se muestra una moderada preferencia favoreciendo ligeramente a la variable pendiente, esto debido a que dentro de la zona de estudio las pendientes muy inclinadas y empinadas sobrepasan el 80% del área total, abarcando todo tipo de actividad ya sea agrícola, pecuaria u otras. A su vez cabe recalcar que debido a las pendientes muy pronunciadas se limita la población en sus actividades, por lo tanto reduce la influencia significativa en estas dos variables.

Al realizar el cruce de variables en pares, se obtuvo la matriz que se presenta a continuación, con sus respectivos pesos asignados, valores a tomar en cuenta dentro de la obtención del mapa de susceptibilidad, proceso llevado a cabo en el software ArcGIS 10.5.



Tabla 22. Obtención de la ponderación final para las variables generales

VARIABLES	Geomorfología	Geología	Pendiente	Uso actual de suelo	Ponderación	Pesos
Geomorfología	1	1	2	3	1.75	0.36
Geología	1.00	1	2	2	1.50	0.31
Pendiente	0.50	0.50	1	2	1.00	0.21
Uso actual de suelo	0.33	0.50	0.50	1	0.58	0.12
Suma	2.83	3.00	5.50	8.00	4.83	1

Nota: Castillo C. (2023).

Para comprobar el nivel de fiabilidad en términos cuantitativos, de los valores asignados entre los pares de variables, se utiliza la relación de consistencia (RC), la misma que está diseñada de manera que los valores obtenidos al aplicar la fórmula debe ser igual o menor a 0.10 para que el juicio asignado sea satisfactorio o consistente, mientras tanto si el valor excede el 0.10 es señal de un juicio inconsistente, lo cual amerita un análisis de los valores asignados a la matriz y por ende su reconsideración y modificación.

Tabla 23. Obtención del RC para verificación de la valoración

RAZÓN DE CONSISTENCIA	
<p>IC: Índice de Consistencia</p> $IC = \frac{N_{max} - n}{n - 1} = \frac{4,06 - 4}{4 - 1} = 0,02$	$RC = \frac{IC}{ICA}$
<p>ICA: Índice de Consistencia Aleatorio</p> $ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n} = \frac{1,98(2)}{4} = 0,99$	$RC = \frac{0,02}{0,99}$
<p>RC ≤ 0,10: Consistencia Razonable</p> <p>RC > 0,10: Inconsistencia</p>	

Nota: Castillo C. (2023).



6.3. Zonificación de las áreas susceptibles a deslizamientos del área de estudio

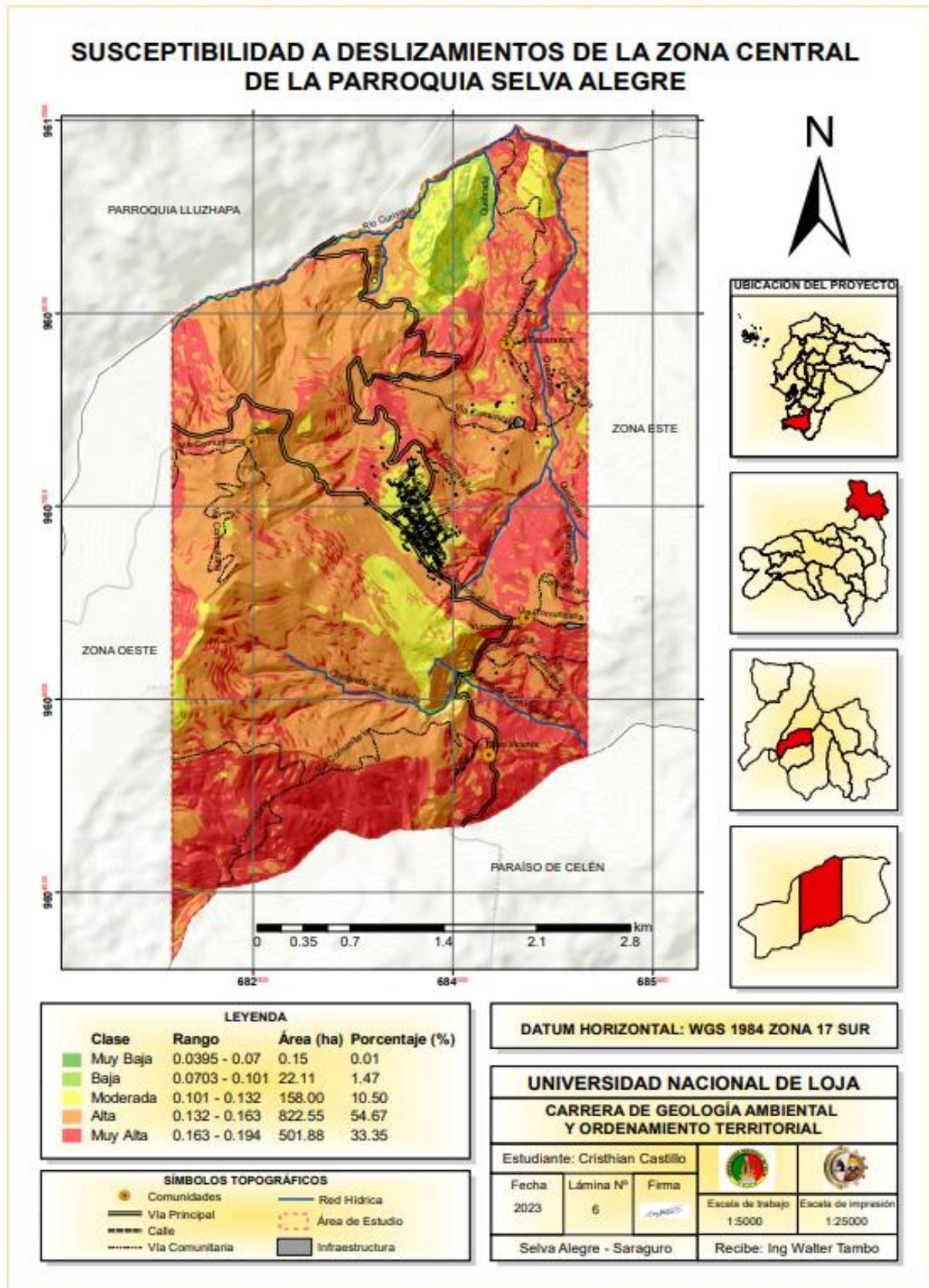


Figura 77. Mapa de Susceptibilidad de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre
 Nota: Castillo C. (2023).



Una vez elaborado y jerarquizado en 5 rangos el mapa de susceptibilidad de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre a escala 1:5000 (Ver anexo 16), se obtiene como resultado una tabla categorizada, que permite calcular áreas y porcentajes que ocupa cada rango de susceptibilidad.

Tabla 24. Categorías y rangos de la susceptibilidad a deslizamientos

Clase	Rango	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy Baja	0.0395 - 0.07	0.15	0.01
Baja	0.0703 - 0.101	22.11	1.47
Moderada	0.101 - 0.132	158.00	10.50
Alta	0.132 - 0.163	822.55	54.67
Muy Alta	0.163 - 0.194	501.88	33.35

Nota: Castillo C. (2023).

Muy baja: La susceptibilidad más baja de la zona de estudio se encuentra en la parte noreste, cerca del límite de la parroquia, el área que ocupa es muy pequeña de 0.15 ha, representando tan solo el 0.01% de la zona de estudio, ubicándose alrededor de la comunidad La Esperanza. Esta zona se encuentra conformada por geoformas de relieve volcánico colinado alto, formado por material intrusivo, con pendientes predominantemente fuertemente inclinadas que oscilan entre 5° a 15°. En esta zona se puede evidenciar la presencia de áreas sin cobertura vegetal, es decir macizo rocoso en el que difícilmente se den fenómenos geológicos, es decir un terreno relativamente estable, dentro de la zona estudiada.

Baja: De la misma forma la susceptibilidad baja, se encuentra en su mayor parte al noreste de la zona de estudio, conformando un área de 22.11 ha, que corresponde a un porcentaje de 1,47%. Se la puede encontrar al margen de la comunidad La Esperanza y Quillo, conformada por geoforma de origen volcánico y ladera como el relieve colinado alto y vertientes abruptas respectivamente. Dentro de esta clase se encuentran las pendientes fuertemente inclinadas que oscilan entre 5° a 15° y muy inclinadas de 15° a 35°; la litología que se encuentra asociada corresponde a intrusivo y depósitos coluviales de tobas riolíticas, por aportes del material erosionado de laderas y corrientes de río. Así mismo es esta zona se encuentran ciertas áreas sin cobertura vegetal además pastizales que de cierta forma protege y fija el suelo, aunque a diferencia de la anterior clase, aquí ya se encuentra parcialmente erosionada la zona de estudio, aunque no como tal fenómenos geológicos.

Moderada: Predomina al noreste y la parte central de la zona de estudio, y en zonas más reducidas se distribuyen alrededor de todo el mapa, abarca un área de 158 ha, con un porcentaje de 10.50%. Litológicamente se encuentran zonas de depósitos coluviales y material intrusivo, esto debido a la erosión de la formación Chinchillo, en esta clase se encuentran



pendientes muy inclinadas que oscilan entre 15° a 35° en la mayor parte de esta clase, aunque también se encuentran pendientes empinadas y verticales pero en reducidas áreas. Las geoformas encontradas son de origen de laderas, encontrando vertientes heterogéneas, vertientes abruptas, interfluvio de cimas estrechas, como geoformas principales. El uso de suelo recae en áreas sin cobertura vegetal, cultivos anuales, y principalmente el área poblado de la zona céntrica de la parroquia Selva Alegre. En la susceptibilidad moderada se ha encontrado zonas con una alta erosión, pero sin deslizamientos, siendo un punto a tomar en cuenta ya que es probable de que estos eventos empiecen a suscitarse, perjudicando especialmente vías que conectan a la cabecera parroquial.

Alta: Es la zona con mayor área y en la que mayor deslizamientos se ha encontrado, distribuida en alrededor del 54.7% de la zona de estudio, es decir poco más de la mitad se encuentra en susceptibilidad a deslizamientos alta, lo que corresponde a 822.55 ha. Este grado tan alto de inestabilidad se debe a que es atravesado por vertientes, barrancos, interfluvio de cimas estrechas, a su vez sumados a las pendientes muy inclinadas y empinadas que oscilan entre 15° a 35° y 35° a 55° respectivamente, sin dejar de lado la litología que se encuentra como son los depósitos coluviales limosos y arcillosos, a su vez se encuentran en estas zonas cultivos anuales, pastizales, vegetación arbustiva y herbácea; puntualizando que existe una meteorización alta, que al unirse a las características desfavorables tanto de su geomorfología como litología, han dado paso a deslizamientos, con la posibilidad que se sigan suscitando más eventos iguales, afectando la red vial, y a comunidades como La Esperanza, Quillo, San Vicente y Yubirpamba.

Muy alta: Para finalizar, la susceptibilidad muy alta comprende un área de 501.88 ha, con un porcentaje del 33.65%, aunque es menor que la clase anterior, son datos a tomar muy en cuenta ya que de igual forma abarca mucha extensión de la zona de estudio, litológicamente la superficie está formada por depósitos coluviales arcillosos y limosos, presentes en geoformas como las vertientes abruptas con fuertes disección, barrancos, vertientes heterogéneas entre las principales. Es importante recalcar que esta zona abarca usos de suelo como los bosques, plantaciones forestales y páramo, que son relativamente competentes ante la erosión, pero no se hallan estables de la misma forma que en los pastizales y cultivos anuales presentes, esto debido a que se pueden evidenciar pendientes empinadas que van desde los 35° a 55° e incluso verticales que son mayores a 55°, englobando en mayor parte al sector San Vicente y la Esperanza, sin dejar atrás la red vial de toda la zona de estudio.



➤ **Cálculo de eficiencia del método**

La eficiencia del método aplicado se determinó mediante la correlación del inventario de deslizamientos con el mapa de susceptibilidad de la zona de estudio (Ver Anexo 17).

En la tabla 25 se representa la relación entre deslizamientos y susceptibilidad, además del cálculo de la eficiencia representado en porcentaje.

Tabla 25. Relación entre los deslizamientos y la susceptibilidad de la zona de estudio

Categoría	Deslizamientos	Porcentaje	Cálculo de la eficiencia
Muy Baja	0	0 %	Deslizamientos: Alta + Muy Alta = 26 $NE = \frac{26 \times 100\%}{27}$ $NE = 96.30\%$
Baja	0	0 %	
Moderada	1	3.70 %	
Alta	13		
Muy Alta	13	96.30 %	
Total	27	100 %	

Nota: Castillo C. (2023).

Dentro del área de estudio se encuentran un total de 27 deslizamientos; de los cuales se consideran los ubicados en las zonas de Alta y Muy Alta Susceptibilidad para el cálculo del porcentaje de eficiencia del método, obteniendo así un valor de 26 deslizamientos: 13 deslizamientos en zonas de Muy Alta Susceptibilidad y 13 en zonas de Alta Susceptibilidad, lo que representa una eficiencia del 96,30 %.



7. Discusión

De acuerdo al equipo consultor del PDOT del Cantón Saraguro (2020), desde el año 2000 a 2019, se han recopilado 65 deslizamientos de los cuales 8 se encuentran en la Parroquia Selva Alegre, haciendo uso de la página web “DesInventar”, evidenciando las afectaciones en las que se ve inmerso el Cantón Saraguro, pero dejando abierto al análisis la parroquia Selva Alegre, debido a la limitada información procedente de esta parroquia en torno a las afectaciones tanto en lo social y económico provocado por los deslizamientos en las comunidades. Es por ello que el presente estudio amplía la información cartográfica, dando a conocer el verdadero grado de susceptibilidad a deslizamientos en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, en comunidades como: La Esperanza, San Vicente, Yubirpamba, Quillo y la cabecera parroquial a escala 1:5000.

Como base se toma el levantamiento topográfico, que en comparación con la información del PDOT de la Parroquia Selva Alegre (2019 – 2023) difieren en gran magnitud los elementos debido a su escala, llevando el nivel de detalle de 1:60000 a 1:5000 donde se determina comunidades, infraestructura, red hídrica, vías principales y caminos actualizados.

Las pendientes de la zona de estudio obtenidas mediante la metodología de Demmek (1972), contrasta con la información expuesta en el PDOT, debido a que el mismo no señala una metodología aplicada, pero muestra afinidad con el resultado obtenido en esta variable.

El uso de suelo fue corroborado en campo y en gabinete con la ayuda de la ortofoto de la zona, a través del método de clasificación supervisada, siendo un método confiable en la interpretación y delimitación de áreas representativas, debido a que las zonas obtenidas son producto de un levantamiento in situ, y posterior corrección en ArcGIS 10.5 empleando el protocolo metodológico “*Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013-2014, escala 1:100.000, del MAE-MAGAP (2015)*”, mismo que sintetiza a las actividades agrícolas y pecuarias; considerando que en la zona existe diversos cultivos anuales, hortalizas, plantas medicinales, entre otras, que a su vez se pueden constatar en el PDOT de la Parroquia Selva Alegre (2019 – 2023).

La variable geomorfología, debido al nivel de detalle en el trabajo realizado, representa mayor cantidad de elementos a analizar, por la mayor precisión en el relieve; contrastando con la información del PDOT, en el cual no se incorporan geoformas específicas como las vertientes. A su vez en el presente estudio, se considera a los deslizamientos como una geoforma inherente, para la obtención de zonas susceptibles a dichos fenómenos.



La geología levantada de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre está conformada por depósitos coluviales limosos y arcillosos y también roca ígnea. Al encontrarse depósitos coluviales de diferente composición, el terreno es aún más inestable, lo que conlleva a deslizamientos, especialmente perjudicando las vías que conectan a la parroquia, esto sumado a la apertura de nuevas vías y un escaso control de los taludes, aumenta la susceptibilidad a deslizarse, mientras que el PDOT solamente da a conocer rocas de origen ígneo, debido a la escala de trabajo.

Tanto en lo geomorfológico y geológico se ve un déficit de información en el PDOT de la Parroquia Selva Alegre (2019-2023), donde describe que la Formación Chinchillo muestra una zona con mayor estabilidad, por lo que este estudio contrasta dichos resultados; y de la misma forma en lo geomorfológico el PDOT antes señalado no determina deslizamientos a detalle, lo cual son visibles una vez estudiados, analizados y cartografiados en el presente estudio.

Para determinar la susceptibilidad a deslizarse en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, se implementó la metodología de análisis jerárquico (AHP) establecido por Saaty (1980), jerarquizando según el nivel de importancia cada una de las variables consideradas, dentro del territorio, siendo estas: geomorfología, geología, pendientes y uso de suelo, debido a la influencia de éstas en la generación de deslizamientos dentro de la parroquia y al nivel de detalle en el que se enfocó el proyecto.

Para la categorización del mapa de susceptibilidad final obtenido por la metodología de Saaty (1980), se hizo uso del criterio Sakar y Kanungo (2004), con el cual se logró cinco grados de susceptibilidad; Muy baja y Baja al noreste de la zona de estudio, la clase moderada recae en la cabecera parroquial y la clase Alta y Muy alta en las comunidades San Vicente, La Esperanza, Yubirpamba y Quillo especialmente donde se encuentran depósitos coluviales limosos y arcillosos es donde se evidencia la mayor parte de deslizamientos. La eficiencia del método es del 96,30 % en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, contrastando dichos resultados con la información del PDOT, el mismo que muestra dos clasificaciones, Alta y Mediana susceptibilidad, mostrando un nivel de detalle reducido.



8. Conclusiones

- Para la obtención de la información base de la zona de estudio, se realizó el levantamiento de campo, y fotointerpretación, a su vez se analizaron estudios de campo realizados en la zona y el PDOT de la Parroquia Selva Alegre (2019-2023), obteniendo con ello las variables para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos como son: topografía, pendientes, uso de suelo, geomorfología y geología.
- El sector de estudio se encuentra conformado por dos formaciones geológicas como son la formación Saraguro como basamento y sobre ella reposa la formación Chinchillo, encontrando así depósitos coluviales – limos (32,48%), depósitos fluviales (26.42%), depósitos coluviales tobas riolíticas (16.65%), depósitos coluviales arcillosos (9.93%), intrusivo (7,86%), y depósitos coluviales de detritos (6.67%) de la zona de estudio.
- Dentro de la geomorfología el área comprende en su mayor parte zonas de vertientes, siendo la vertiente heterogénea la zona con mayor área dentro de la zona de estudio, abarcando 320.46 hectáreas de terreno, lo que representa un porcentaje de (21.29%), la vertiente heterogénea con fuerte disección (21.12%), vertiente rectilínea con fuerte disección (13.89%), vertiente abrupta con fuerte disección (13.70%), vertiente abrupta (12.52 %), barranco (6.49%), vertiente rectilínea (4.97%), relieve volcánico colinado alto (3.78%) y por último la geoforma con menor área representa al interfluvio de cimas estrechas con un área de 31.87 hectáreas, correspondiente al (2.12%).
- Las pendientes de la zona de estudio fueron clasificadas según Demmek (1972), encontrando 5 clases: ligeramente inclinada (2.12%), fuertemente inclinado (16.57%), la pendiente con más hectáreas es la muy inclinada ocupando 941.22 ha, con un porcentaje de (62.54%), pendientes empinadas (18.26%), verticales (0.51%), demostrando que es una variable que incide directamente en los deslizamientos especialmente en las pendientes empinadas y verticales.
- En la obtención del mapa de uso de suelo se determinaron 9 categorías, en las que se evidencia diversos usos agropecuarios, que muchas de las veces desestabilizan el terreno erosionándolo y provocando fenómenos geológicos, el uso con más área de la zona de estudio son los pastizales ocupando un área de 631.34 hectáreas, correspondiente a un porcentaje de 41.93%, así mismo se encuentran zonas de cultivos anuales, vegetación arbustiva, área sin cobertura vegetal, plantaciones forestales, vegetación herbácea, área poblada, bosque nativo y páramo, siendo esta última la menor área que ocupa con 10.90 hectáreas equivalente al 0.72%



- Dentro de la valoración de las variables se determina que el método de evaluación multicriterio es eficiente, siempre y cuando se haga uso de la normalización de los mapas a través de la Jerarquización Analítica de Saaty (AHP), lo cual permite realizar una síntesis de los criterios y disminuir la subjetividad, dicho esto con la ayuda del ArcGIS 10.5, se realizó una suma ponderada utilizando los pesos obtenidos siendo la geomorfología la variable de mayor peso (0.36), geología (0.31), pendiente (0.21) y por último con menos peso el uso de suelo (0.12).
- Finalmente se obtuvo el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, categorizado en 5 clases de acuerdo a Sakar y Kanungo (2004), reflejando que el área de estudio se encuentra en mayor parte en susceptibilidad a deslizamientos Alta y Muy alta, con 54.67% y 33.35% respectivamente, correspondiente a las comunidades de San Vicente, La Esperanza, Yubirpamba y Quillo; seguido de la categoría Moderada con un 10.50%, correspondiente a la cabecera parroquial de Selva Alegre; por último la clase Muy baja y Baja con 0.01% y 1.47% respectivamente, encontrado al noreste de la zona de estudio.
- El porcentaje de eficiencia del método aplicado se determinó mediante la correlación del inventario de deslizamientos con el mapa de susceptibilidad de la zona de estudio, obteniendo un valor de 13 deslizamientos en zonas de Muy Alta Susceptibilidad y 13 en zonas de Alta Susceptibilidad, de un total de 27 deslizamientos encontrados; lo que representa una eficiencia del 96,30 %.



9. Recomendaciones

- Se recomienda a las autoridades de la Parroquia Selva Alegre, hacer estudios más profundos que implique geotecnia, geofísica; para determinar de una manera más amplia el problema de la zona, y establezcan medidas de prevención ante la amenaza presente.
- Realizar una evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la roca, para el diseño de estructuras geotécnicas, como muros de contención, para el control de laderas en la zona de estudio.
- Se recomienda desarrollar un estudio a detalle dentro de las zonas de alta y muy alta susceptibilidad, para que se establezcan medidas de control y estabilidad de taludes en la zona de estudio.
- Finalmente, capacitar a los moradores del sector acerca del problema latente que se tiene en esta parroquia, con la finalidad de guiar sus labores productivas hacia zonas más estables, reduciendo la erosión del terreno.



10. Bibliografía

- Alarn, (2002). “Instrumentos de apoyo para análisis y la gestión de riesgos naturales”. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y Programa de Prevención de desastres Naturales en América Central (PREVAC), Nicaragua. 46p. ISBN: 743 238 124
- Arellano, J. (2010). “Pliegues y Fallas”. Universidad Nacional Autónoma de México. Nuevo León Mexico Obtenido de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%2010%20Pliegues.pdf>
- Aritizábal, E; Yokota, S. (2006). “Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburra”. Medellín Colombia. Obtenido de: http://dyna.unalmed.edu.co/ver_articulo.php?id_articulo=EA100505&tipo=articulo&id=149
- Asensio, R. (2010). “Ciclo litológico y rocas”. Valencia España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16649/ciclo%20rocas.pdf?sequence=1>
- Brunsdén, D., et al, (1975). “Large Scale Geomorphological Mapping and Highway Engineering Design”. Quarterly Journal of Engineering Geology, vol. 8, no. 4, pp. 227-253 Obtenido de: <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1975.008.04.01>.
- Clirsen. (2012). "Análisis de Amenazas por tipo de Movimiento en Masa". Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador. Obtenido de: https://190.15.128.197/bitstream/123456789/2009/1/in%20TESIS_ANALISIS%20DE%20V_2017.pdf
- Cruden, d.m. And varnes, d.j., (1996). “Landslides Types and Processes. In: A.K. TURNER and R.L. SCHUSTER eds., Landslides: Investigation and mitigation Transport Research Board.” Landslides Types and Processes, pp. 36- 75. Isbn: 432 372 283
- Duque Escobar, G. (2020). “Manual de Geología para Ingenieros”. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://www.coraldeglobal.org/wp-content/uploads/2016/12/manualgeo.pdf>
- Fell, r.; Corominas, J.; Bonnard, C.; Cascini, l.; Leroi, E.; Savage, W. (2008). “Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, on behalf of



the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes.”

Engineering Geology, 102:85 – 98. Isbn: 324 432 852

González Díez, A., (1996). “Cartografía De Movimientos De Ladera y Su Aplicación Al Análisis Del Desarrollo Temporal De Los Mismos y De La Evolución Del Paisaje.” Universidad de Oviedo. España. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=207939>

Griem. (2020). “Apuntes Geología”. Lima-Perú Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap11.htm>

Gustavsson. (2005). "Development of Detailed Geomorphological mapping Sistem and Gis" Obtenido de:

http://www.science.earthjay.com/instruction/HSU/2016_fall/GEOL_332/labs/lab_02/FULLTEXT01.pdf. Issn:1651-6214

Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M., & Ardizzone, F. (2005). “Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology”. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/280924601_Probablistic_landslide_hazard_assessment_at_the_basin_scale

Hernández L. (2011). “Manual de operación de la estación total”. México. Recuperado de: https://abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf [05/06/2021]

Humbert, m., (1977). “La Cartographie Zermos-Modalites d'Etablissement Des Cartes Des Zones Exposees A Des Risques Lies Aux Mouvements Du Sol Et Du Sous-Sol. Comite Francais De Geologie De Lingenieur” ed., Francia: ISBN 0300-936X.

IIGE (2019). Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica

Inerhi (1994). “Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja. Ecuador”. Recuperado de: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch14.htm>

Kienholz H.; Krummenacher, B. (1995). “Légende modulable pour la cartographie des phénomènes, Dangers natural: Office fédérale de lé environnement des forêts et du



- paysage” OFEFP, 42 p. Davos Dorf, Suiza. Isbn: 442 858 482. Obtenido de: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/naturgefahren/uv-umwelt-vollzug/symbolbaukasten_zurkartierungderphaenomeneempfehlungen.pdf.download.pdf/legende_modulablepourlacartographiedesphenomenesrecommandations.pdf
- Lince, L., Castro, A., Castaño, W., & Torres, F. (2017). “Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa de suelo en la región cafetera de Caldas”. Caldas Colombia. Obtenido de: <https://www.cenicafe.org/es/publications/7.Zonificacion.pdf>
- Linck J. A. (1996). “Susceptibilidad de los Suelos a la Remoción en Masa con referencia espacial a las Montañas Tropicales Húmedas. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences ITC”. Netherlands. 48 p. Managua Nicaragua. Obtenido de: <http://repositorio.una.edu.ni/2294/1/ppp35a189.pdf>
- MAE-MAGAP, (2015): Protocolo metodológico para la elaboración del Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013-2014, escala 1:100.000
- Memoria Técnica del cantón Saraguro en el proyecto (2015). “LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTES 1 y 2”
- Molina (2016). “Geología Estructural” Boyacá-Colombia. Obtenido de <https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/geologia-estructural>
- PDOT Cantón Saraguro (2020-2030)
- PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)
- Rincón, M., Vargas, W., & González, C. (2017). “Topografía: conceptos y aplicaciones.” Bogotá- Colombia. Obtenido de: <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topograf%C3%ADa-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf>
- Rsn. (2019). ”Fallas” Universidad de Costa Rica. Obtenido de: <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/244-que-es-una-falla>
- Saaty, T. L. (1980). “The analytic hierarchy process”. New York: McGraw-hill
- Santana A. Mosquera I. (2005). “Planimetría”. Universidad del Quindo. Colombia Obtenido de: <https://personal.us.es/leonbo/teoria/Tema10.pdf>
- SIGTIERRAS (2014). Manual de Identificación de Geoformas



- Soeters, R.; Van Westen, C. (1996). “Slope instability recognition, analysis, and zonation”.
Inglaterra Obtenido de:
https://www.researchgate.net/publication/209803184_Slope_instability_Recognition_analysis_and_zonation Isbn: 853 482 942
- Varela. (2014). “Manual de Geología”. La Plata- Buenos Aires Obtenido de
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_misclanea_21_manual_de_geologia.pdf
- Vargas, R. (2002). "Evaluación de Susceptibilidad a Deslizamientos". Cuba- Habana Obtenido de: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_Almaguer_GEO10-O3.pdf
- Varnes, D. J. (1978). "Landslides: Analysis and control". Washington, D.C. Obtenido de: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr176/176-001.pdf>



11. Anexos

Anexo 1. Ficha para descripción de deslizamientos

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS				
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.			
DATOS GENERALES				
N° Deslizamiento	1	CÓDIGO HOJA	Fecha	DATUM
Ubicación				
Coordenadas UTM	X			Tipo de deslizamiento
	Y			
	Z			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO				
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				
Ancho (promedio de la zona):				
Profundidad de la superficie de falla:				
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento	
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento	
Actividad:	Inactivo ()	Latente ()	Activo ()	Actividad Localizada ()
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente ()	Escarpe indefinido ()	
Forma del escarpe:	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña ()	Mediana ()	Grande ()
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa ()		Arbustos () Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo () No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas ()		Zonas húmedas ()	
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos () Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()	
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()
Daño:	No visible ()	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible ()	Muros ()	Canales ()	Drenes () Otros ()
Tipo de material	Materiales limosos arcillosos			
FOTOGRAFIA				

Anexo 2. Ficha para descripción de afloramientos

Caracterización del Afloramiento N°				Descripción
				Superficie.
				Capa 1:
				Capa 2:
Ubicación referencial				Capa 3:
Coordenadas	X=	Y=	Z= Datum=	
Clima	Vegetación			
Grado de Meteorización	Tipo de afloramiento			
Dimensiones	Ancho:	Altura:		
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:	
Formación geológica				



Anexo 3. Ficha para descripción Geomorfológica

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA									
CÓDIGO	FECHA		Unidad Ambiental			2. GEOMORFOLOGÍA			
POSICIÓN OBSERVADOR			Unidad geomorfológica						
1. UBICACIÓN			Fluvial						
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría		
PROVINCIA	WGS 84 ZONA 17S					Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
CANTÓN	X		Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle				
PARROQUIA	Y		Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 ()	0 a 5 m ()	50 a 100 ()
SECTOR	Z		Redondeada ()	Convexa ()	En V ()	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()
2. COBERTURA VEGETAL			Plana ()	Rectilínea ()	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()
Árboles ()	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presencia de yerba seca		Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 (X)
Arbustivo ()				Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()		
Herbáceo ()	Cultivo permanente ()					Longitud de la vertiente			
Cultivo anual ()	Eriales ()					Muy Corta <15 ()	Corta 15 a 50 ()	Mod. Larga 50 a 250 a ()	
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)					FOTOGRAFÍA				

Anexo 4. Metodología de Clirsen (2012)

UNIDAD GENÉTICA	COD
Laderas	L
Fluvial	F
Poligenético	Pl
Otras	Ot

Nota: Adaptado de CLIRSEN (2012)

UNIDAD MORFOLÓGICA	COD
Suficiente de erosión	Lh5
Superficie plana ondulada	Lr5
Vertiente abrupta	La1
Vertiente cóncava	Lr1
Vertiente convexa	Lr2

Nota: Adaptado de CLIRSEN (2012)

TIPO	DESCRIPCIÓN	COD
Muy Baja	0° a 5°	1
Baja	5° a 15°	2
Media	15° a 35°	3
Alta	35° a 55°	4
Muy alta	55° a 90°	5

Nota: Adaptado de Demmek (1972)

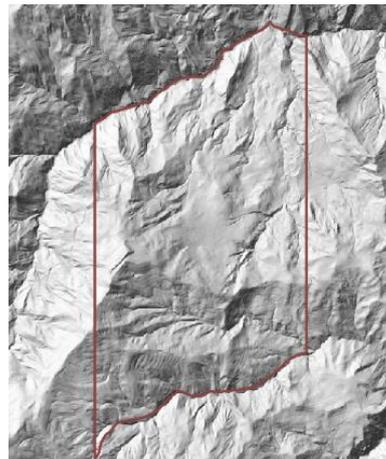


TIPO	COD
0 – 5	1
>5 – 15	2
>15 – 25	3
>25 – 50	4
>50 – 100	5

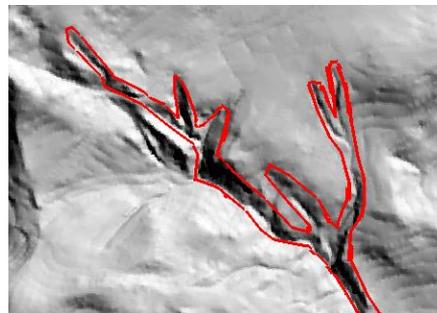
Nota: Adaptado de CLIRSEN (2012)

Anexo 5. Fotointerpretación de geformas

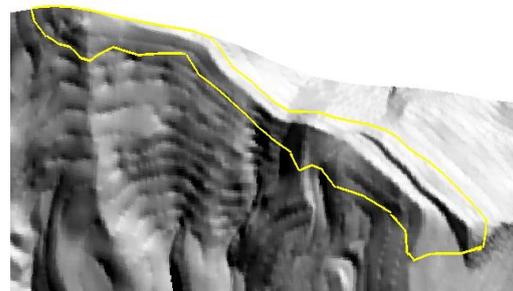
Modelo de Elevación Digital (MDE)



Barranco

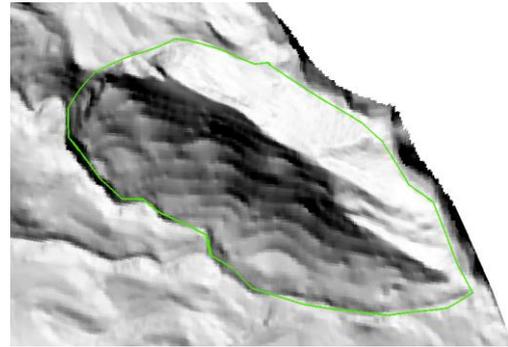


Interfluvio de cimas estrechas

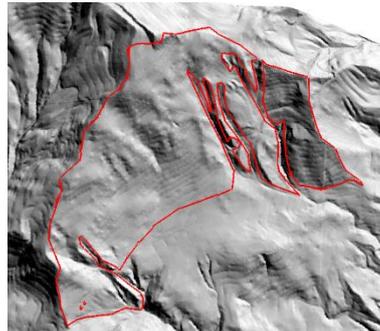




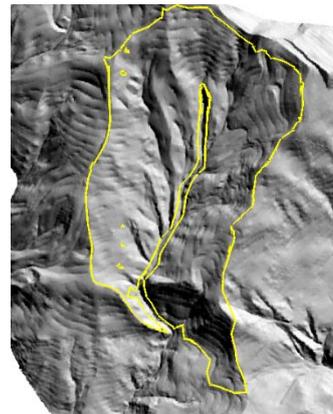
Relieve volcánico colinado alto



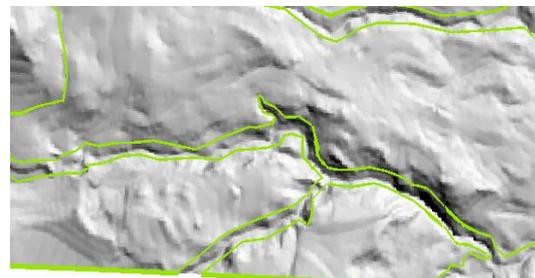
Vertiente abrupta



Vertiente abrupta con fuerte disección

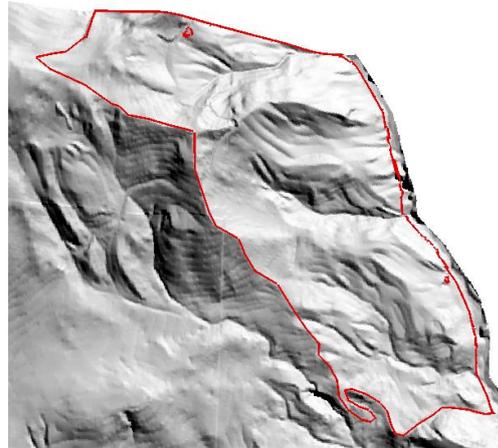


Vertiente heterogénea

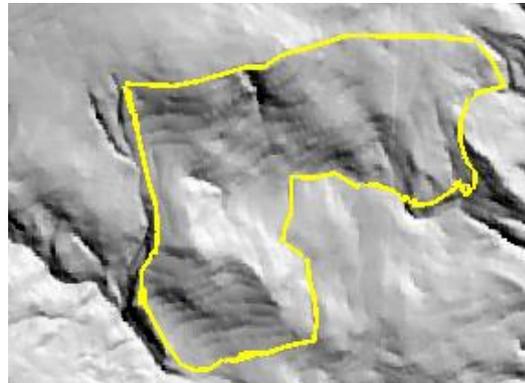




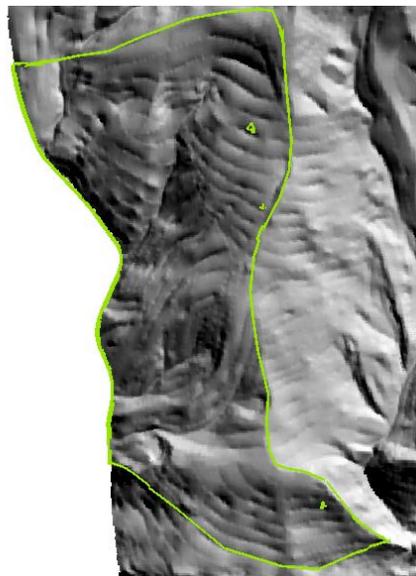
Vertiente heterogénea con fuerte disección



Vertiente rectilínea



Vertiente rectilínea con fuerte disección





Anexo 6. Clasificación de pendientes según Demmek (1972)

Categoría	Rango (°)
Ligeramente inclinada	0-5
Fuertemente inclinada	>5-15
Muy inclinada	>15-35
Empinada	>35-55
Vertical	>55-90

Nota: Demmek (1972)

Anexo 7. Leyenda temática Nivel I y II, MAE-MAGAP-CLIRSEN - Cobertura y uso de la tierra, (2015)

NIVEL I	NIVEL II
Bosque	Bosque Nativo
	Plantación Forestal
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual
	Cultivo Semipermanente
	Cultivo Permanente
	Pastizal
	Mosaico Agropecuario
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva
	Vegetación Herbácea
	Páramo
Cuerpo de Agua	Natural
	Artificial
Zonas Antrópica	Área Poblada
	Infraestructura
Otras tierras	Glaciar
	Área sin cobertura vegetal
Sin información	Sin información



Anexo 8. Leyenda temática Nivel III y IV (Tierras Agropecuarias), MAGAP-CLIRSEN, (2015)

NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III		NIVEL IV		
TIERRA AGROPECUARIA	Cultivo Anual	Cereales		Arroz				
					Maíz Duro			
					Maíz Suave			
			Leguminosas					
			Raíces Y Tubérculos			Papa		
			Hortalizas					
			Industriales, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de tabaco					
		Medicinales, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de chía						
	Cultivo Semi-Permanente	Frutales			Banano			
		Industriales, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de caña de azúcar industrial o artesanal			Caña De Azúcar Industrial			
		Tallos Comestibles, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de palmito						
		Fibra, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de abacá						
	Cultivo Permanente	Frutales			Cacao			
					Café			
		Oleaginosas			Palma Africana			
		Fibra, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de paja toquilla						
		Condimento, en el mapa esto representa específicamente zonas consolidadas de pimienta						
	Otras Tierras Agrícolas	Tierras en Transición						



Anexo 9. Valoración de las variables en la matriz de comparación por pares

Pendientes	Pendientes empinadas(35°-55°)	Pendientes muy inclinadas (15°-35°)	Pendientes verticales(>55°-80.58°)	Pendientes fuertemente inclinadas(5°-15°)	Pendientes ligeramente inclinadas (0°-5°)	Promedio	Peso
	Pendientes empinadas(35°-55°)	1	2	3	3	4	2.60
Pendientes muy inclinadas (15°-35°)	0.50	1	3	2	4	2.10	0.25
Pendientes verticales(>55°-80.58°)	0.33	0.33	1	4	4	1.93	0.23
Pendientes fuertemente inclinadas(5°-15°)	0.33	0.50	0.25	1	4	1.22	0.15
Pendientes ligeramente inclinadas (0°-5°)	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.40	0.05
						8.25	1

Geomorfología	Deslizamientos	Vertiente rectilínea con fuerte disección	Vertiente heterogénea con fuerte disección	Vertiente abrupta con fuerte disección	Vertiente heterogénea	Vertiente rectilínea	Vertiente abrupta	Barranco	Interfluvio de cimas estrechas	Relieve volcánico colinado alto	Promedio	Peso
	Depósito de deslizamientos	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	2.70
Vertiente rectilínea con fuerte disección	0.50	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2.55	0.15
Vertiente heterogénea con fuerte disección	0.50	0.50	1	3	3	3	3	3	4	4	2.50	0.15
Vertiente abrupta con fuerte disección	0.50	0.50	0.33	1	2	3	3	3	4	4	2.13	0.12
Vertiente heterogénea	0.33	0.33	0.33	0.50	1	3	3	3	4	4	1.95	0.11
Vertiente rectilínea	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1	3	4	4	4	1.77	0.10
Vertiente abrupta	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1	3	4	4	1.40	0.08
Barranco	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.25	0.33	1	4	4	1.12	0.07
Interfluvio de cimas estrechas	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	4	0.70	0.04
Relieve volcánico colinado alto	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.33	0.02
											17.15	1



Uso de Suelo	Pastizal	Vegetación arbustiva	Cultivo anual	Plantaciones forestales	Área sin cobertura vegetal	Vegetación herbácea	Bosque nativo	Páramo	Área poblada	Promedio	Peso
	Pastizal	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2.78
Vegetación arbustiva	0.50	1	2	3	3	3	4	4	4	2.72	0.18
Cultivo anual	0.50	0.50	1	2	2	2	4	4	4	2.22	0.14
Plantaciones forestales	0.33	0.33	0.50	1	3	3	4	4	4	2.24	0.14
Área sin cobertura vegetal	0.33	0.33	0.50	0.33	1	2	3	4	4	1.72	0.11
Vegetación herbácea	0.33	0.33	0.50	0.33	0.50	1	3	4	4	1.55	0.10
Bosque nativo	0.33	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	1	4	4	1.19	0.08
Páramo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	4	0.75	0.05
Área poblada	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1	0.33	0.02
										15.51	1

Geología	Depósitos coluviales arcillosos	Depósitos coluviales limos	Depósito fluviales	Depósitos coluvial de detritos	Depósitos coluviales-tobas riolíticas	Intrusivo	Promedio	Peso
	Depósitos coluviales arcillosos	1	2	2	3	3	3	2.33
Depósitos coluviales limos	0.50	1	2	3	3	3	2.08	0.23
Depósito fluviales	0.50	0.50	1	2	3	3	1.67	0.18
Depósitos coluvial de detritos	0.33	0.33	0.50	1	3	4	1.53	0.17
Depósitos coluviales-tobas riolíticas	0.33	0.33	0.33	0.33	1	4	1.05	0.12
Intrusivo	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	1	0.42	0.05
							9.08	1



Anexo 10. Mapa Topográfico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 11. Mapa de Pendientes de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 12. Mapa Geomorfológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 13. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 14. Mapa Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 15. Corte Geológico de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 16. Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

Anexo 17. Relación de deslizamientos y susceptibilidad en la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre

(Ubicados en el CD – R N°1)



Anexo 18. Descripción de deslizamientos

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS						
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.					
DATOS GENERALES						
N° Deslizamiento	1	CÓDIGO HOJA	D-001	DATUM	WGS 84	
Ubicación	Vía San Vicente		Fecha	15/08/2022		
Coordenadas UTM	X (m)	684340.81		Tipo de deslizamiento	Rotacional	
	Y (m)	9605909.78				
	Z (m s.n.m.)	2720				
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO						
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			350 m			
Ancho (promedio de la zona):			150 m			
Profundidad de la superficie de falla:			20 m			
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento			
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento			
Actividad:	Inactivo ()	Latente ()	Activo (x)	Actividad Localizada ()		
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()			
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()		
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña ()	Mediana (x)	Grande ()		
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)		Arbustos ()	Pastos ()	
Estado de la masa desplazada	Masa intacta (x)	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo ()	No presente ()	
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas ()		Zonas húmedas (x)			
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Árboles (x)	
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua (x)	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades (x)			
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias (x)	Construcciones ()	Apertura de vía ()	
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible ()		Muros ()	Canales (x)	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Materiales limosos arcillosos					
FOTOGRAFIA						
						



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
Nº Deslizamiento	3	CÓDIGO HOJA	D-003	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Sarar		Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	682740.18		Tipo de deslizamiento	Traslacional
	Y (m)	9605472.04			
	Z (m s.n.m.)	3113			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			15 m		
Ancho (promedio de la zona):			15 m		
Profundidad de la superficie de falla:			1 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado (x)	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo (x)	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Detritus no graduados con limos				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
Nº Deslizamiento	6	CÓDIGO HOJA	D-006	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Manú	Fecha		15/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	681942.45		Tipo de deslizamiento	Traslacional
	Y (m)	9608107.20			
	Z (m s.n.m.)	2801			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			35 m		
Ancho (promedio de la zona):			30 m		
Profundidad de la superficie de falla:			1 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado ()	Alargado (x)	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada (x)		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias (x)	Construcciones ()	Apertura de vía ()
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Andesitas meteorizadas				
FOTOGRAFIA					



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS						
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.					
DATOS GENERALES						
Nº Deslizamiento	8	CÓDIGO HOJA	D-008	DATUM	WGS 84	
Ubicación	Vía a Manú	Fecha		16/08/2022		
Coordenadas UTM	X (m)	684079.17		Tipo de deslizamiento	Rotacional	
	Y (m)	9605021.88				
	Z (m s.n.m.)	2570				
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO						
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			45 m			
Ancho (promedio de la zona):			41 m			
Profundidad de la superficie de falla:			4 m			
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento			
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento			
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()		
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()			
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()		
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña ()	Mediana (x)	Grande ()		
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos(x)	Pastos (x)		
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)	Masa en forma de flujo ()	No presente ()		
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()			
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Árboles (x)	
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()			
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)	
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Materiales limos arcillosos					
FOTOGRAFIA						
						



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	10	CÓDIGO HOJA	D-010	DATUM	WGS 84
Ubicación	Via a San Vicente		Fecha	16/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	683685.08		Tipo de deslizamiento	Rotacional
	Y (m)	9605739.03			
	Z (m s.n.m.)	2766			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			20 m		
Ancho (promedio de la zona):			15 m		
Profundidad de la superficie de falla:			4 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente ()	Activo (x)	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña ()	Mediana (x)	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Materiales lismos arcillosos				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	14	CÓDIGO HOJA	D-014	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía San Vicente		Fecha	16/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	683574,99		Tipo de deslizamiento	Traslacional
	Y (m)	9605750,09			
	Z (m s.n.m.)	2775			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			20 m		
Ancho (promedio de la zona):			61 m		
Profundidad de la superficie de falla:			3 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente ()	Activo (x)	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado (x)	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa ()		Arbustos ()	Pastos (x)
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo (x)	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Material limo arcilloso				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	15	CÓDIGO HOJA	D-015	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a la parroquia de Selva Alegre		Fecha	16/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	684282,79	Tipo de deslizamiento	Traslacional	
	Y (m)	9606682,03			
	Z (m s.n.m.)	2637			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			41 m		
Ancho (promedio de la zona):			18 m		
Profundidad de la superficie de falla:			3 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		x
Actividad:	Inactivo ()	Latente ()	Activo (x)	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado ()	Alargado (x)	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña ()	Mediana (x)	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas ()		Zonas húmedas (x)		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Andesitas meteorizadas				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
Nº Deslizamiento	16	CÓDIGO HOJA	D-016	DATUM	WGS 84
Ubicación	Yubapamba		Fecha	17/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	684795.93	Tipo de deslizamiento	Rotacional	
	Y (m)	9606064.08			
	Z (m s.n.m.)	2522			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			45 m		
Ancho (promedio de la zona):			15 m		
Profundidad de la superficie de falla:			5 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta (x)	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada (x)		Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido (x)	Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía ()	
Daño:	No visible ()	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos (x)	
Estabilización	No visible (x)	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Arcillas, lutitas y limos				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	17	CÓDIGO HOJA	D-017	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Llushapa	Fecha		17/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	683580,87		Tipo de deslizamiento	Rotacional
	Y (m)	9608103,39			
	Z (m s.n.m.)	2519			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			65 m		
Ancho (promedio de la zona):			45 m		
Profundidad de la superficie de falla:			5 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular (x)	Alongado ()	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta (x)	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias (x)	Construcciones ()	Apertura de vía ()
Daño:	No visible ()		Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos (x)
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Arcillas rojizas				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	18	CÓDIGO HOJA	D-018	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Llushapa	Fecha		17/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	683703,97		Tipo de deslizamiento	Rotacional
	Y (m)	9608893,02			
	Z (m s.n.m.)	2301			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			55 m		
Ancho (promedio de la zona):			60 m		
Profundidad de la superficie de falla:			8 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado ()	Alargado (x)	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada ()	Vegetación escasa ()		Arbustos (x)	Pastos (x)
Estado de la masa desplazada	Masa intacta (x)	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Limos y detritus no graduados				
FOTOGRAFIA					



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A ESCALA 1:5000, DE LA ZONA CENTRAL DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	19	CÓDIGO HOJA	D-019	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Llushapa		Fecha	17/08/2022	
Coordenadas UTM	X (m)	683039,44	Tipo de deslizamiento	Traslacional	
	Y (m)	9609445,8			
	Z (m s.n.m.)	2176			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			60 m		
Ancho (promedio de la zona):			30 m		
Profundidad de la superficie de falla:			10 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rapido		Evento sencillo y lento		x
	Evento multiple y rapido		Evento multiple y lento		
Actividad:	Inactivo ()	Latente (x)	Activo ()	Actividad Localizada ()	
Estado del escarpe:	No visible ()	Escarpe evidente (x)	Escarpe indefinido ()		
Forma del escarpe	No aplicable ()	Semicircular ()	Alongado (x)	Alargado ()	
Área del escarpe:	No aplicable ()	Pequeña (x)	Mediana ()	Grande ()	
Vegetación del escarpe:	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()		Arbustos ()	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masa desplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()		Deforestación ()	Apertura de vía (x)	Presencia de agua ()
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias (x)	Construcciones ()	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible ()		Carreteras (x)	Residencias ()	Áreas de cultivos ()
Estabilización	No visible (x)		Muros ()	Canales ()	Drenes ()
Tipo de material	Material coluvial con gravas				
FOTOGRAFIA					



Anexo 19. Descripción de afloramientos

Caracterización del Afloramiento N°1					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: suelo areno arcilloso de coloración blanquecina con presencia de oxidación.
Ubicación referencial	Talud de vía cerca del cementerio.				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 684852.16 m	Y= 9606586.73 m	Z=2655m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 40 m	Altura Total: ± 10 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro.				



Caracterización del Afloramiento N°6					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo arbórea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.25 m.
					Capa 2: afloramiento de rocas andesitas oxidadas con presencia de limos entre las fracturas.
Ubicación referencial	Talud de vía principal a Manu				Capa 3:
Coordenadas	X= 682340.27 m	Y= 9608116.34 m	Z=2681 m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva y arbórea		
Grado de Meteorización	Altamente Meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 50 m	Altura: ± 25 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°7					Descripción
					Superficie: superficie herbácea y arbórea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: suelo limo arcilloso
Ubicación referencial	Talud de vía				Capa 3:
Coordenadas	X=683776.40 m	Y=9607934.22 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbustiva		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizada	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 35 m	Altura: ± 4 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°9					Descripción
					Superficie. Vegetación tipo arbórea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: afloramiento de brechas altamente meteorizadas.
Ubicación referencial	Talud de vía principal a Selva Alegre				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 683996.54 m	Y= 9606833.51 m	Z=2637m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 60 m	Altura: ± 15 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°10					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo arbórea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.3 m.
					Capa 2: limos de coloración blanquecina
Ubicación referencial	Talud de vía				Capa 3:
Coordenadas	X=683425.78m	Y= 9605606.99 m	Z=2757 m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbórea		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizada	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 25 m	Altura: ± 12 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°11					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo arbórea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.15 m.
					Capa 2: macizo rocoso de rolitas altamente meteorizado con presencia de suelo orgánico
Ubicación referencial	Talud de vía				Capa 3:
Coordenadas	X= 683974.72 m	Y= 9605746.52 m	Z=2661m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva y arbórea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 50 m	Altura: ± 15 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°16				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: suelo limo arcilloso de coloración amarillento.	
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X= 682628.70 m	Y= 9605129.23 m	Z=2963m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbórea		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho máxima: ± 30 m	Altura máxima: ± 10 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				
				Capa 3: guijarros angulares con matriz cementante con diámetros ± 30 cm	



Caracterización del Afloramiento N°21				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo arbustiva	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: fragmentos de roca ígnea y metamórfica como gneis, esquistos andesitas.	
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X= 682250.36 m	Y= 9607261.55 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 30 m	Altura Total: ± 4 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				
				Capa 3: Basamento	



Caracterización del Afloramiento N°23				Descripción	
				Superficie. vegetación arbustiva	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración negra potencia ± 0.3 m.	
				Capa 2: suelo arcilloso con presencia de limos y arcillas	
Ubicación referencial	Talud de vía.				
Coordenadas	X= 682157.05 m	Y= 9607493.65 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 100 m	Altura Total: ± 3 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				
				Capa 3:	



Caracterización del Afloramiento N°24					Descripción
					Superficie. Vegetación tipo herbácea y arbórea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.15 m.
					Capa 2: brechas altamente meteorizadas y oxidadas.
Ubicación referencial	Talud de una construcción				Capa 3:
Coordenadas	X= 681931.48 m	Y= 9607944.47 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbórea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho:	Altura Total:			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°26					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración negra de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: conglomerado con mayor porcentaje de matriz cementante como las arcillas y limos.
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X= 682230.35 m	Y= 9607943.21 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		Capa 3: Basamento
Grado de Meteorización	Altamente meteorizada	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 30 m	Altura: ± 8 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°27					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: limos arenosos y arcillosos muy oxidados
Ubicación referencial	Talud de vía				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 682440.56 m	Y= 9607894.96 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbustiva		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 40m	Altura: ± 6m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°30					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración negra de potencia ± 0.3 m.
					Capa 2: capa de depósitos coluviales
Ubicación referencial	Talud de vía				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 682262.98 m	Y=9606965.16 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 100 m	Altura: ± 5 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°39					Descripción
					Superficie: superficie arbórea.
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: capa de conglomerado con matriz limosa arcillosa.
Ubicación referencial	Talud de vía a Lluzhapa				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 683375.11 m	Y= 9608458.05 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 20 m	Altura: ± 18 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°43				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: presencia de materia orgánica, suelo areno arcilloso y rocas detríticas	
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X=683767.76 m	Y=9608382.45 m	Z=2397m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbórea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 25 m	Altura: ± 2 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				
				Capa 3:	



Caracterización del Afloramiento N°51				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo herbácea	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración café y gris oscuro de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: guijarros angulares de diferente diámetro ± 10 con matriz cementante de limos y arcillas.	
Ubicación referencial	A 10 metros de la quebrada.				
Coordenadas	X= 682235.12 m	Y= 9604545.48 m	Z=2669m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizada	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 50 m	Altura Total: ± 18 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				
				Capa 3:	



Caracterización del Afloramiento N°54					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración café de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: macizo rocoso de rocas andesitas con presencia de suelo limoso de color amarillento en las fracturas.
Ubicación referencial	Mina de lastre				Capa 3:
Coordenadas	X= 683037.22 m	Y= 9607677.39 m	Z=2692m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva y arbórea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho:	Altura Total:			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Chinchillo				



Caracterización del Afloramiento N°55					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2: macizo rocoso de conglomerado medianamente meteorizado con presencia de agua.
Ubicación referencial	Talud de vía a Lluzhapa				Capa 3:
Coordenadas	X= 683719.94 m	Y= 9608845.86 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 50 m	Altura Total: ± 30 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°60				Descripción		
				Superficie: vegetación de tipo herbácea y arbórea.		
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.		
				Capa 2: Brechas altamente meteorizadas		
Ubicación referencial	Talud de vía					
Coordenadas	X= 684704.52 m	Y= 9606140.21 m	Z=2526m s.n.m.	Datum= WGS 84		
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea y arbórea		Capa 3:	
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	antrópico			
Dimensiones	Ancho: ± 20 m	Altura: ± 3 m				
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:			
Formación geológica	Formación Saraguro					



Caracterización del Afloramiento N°79					Descripción
					Superficie. vegetación de tipo herbácea y arbustiva
					Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.
					Capa 2:
Ubicación referencial	Talud de vía a Lluzhapa				Capa 3: Basamento
Coordenadas	X= 683348.05 m	Y= 9609471.76 m	Z=3287m s.n.m.	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Herbácea		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 50 m	Altura Total: ± 15 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Anexo 20. Descripción geomorfológica

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	1	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral			Unidad Ambiental				Unidad geomorfológica			
1. UBICACIÓN				Ladera				Vertiente heterogénea			
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología				Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	684430.001	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9608697.547	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 (X)	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2015 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea ()	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles ()	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presenta vegetación			Irregular (X)		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()	
Arbustivo ()							Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)							Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 ()	Corta 15 a 50 ()	Mod. Larga 50 a 250 a ()		
							Larga 250 a 500 (X)	Muy larga >500 ()			
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Presencia de caminos de herradura											



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA										
CÓDIGO	2	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA						
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica			
1. UBICACIÓN				Ladera			Vertiente heterogénea con fuerte disección			
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S					Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
CANTÓN	Saraguro	X (m)	682733.686	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle				
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9608950.022	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2055 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 (X)
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea ()	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()
Árboles ()	Cultivo semipermanente ()	Descripción No se evidencia árboles en la geoforma			Irregular (X)		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()
Arbustivo (X)							Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()		
Herbáceo (X)							Longitud de la vertiente			
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 ()	Corta 15 a 50 ()	Mod. Larga 50 a 250 a ()	
							Larga 250 a 500 (X)	Muy larga >500 ()		
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA				
Presencia de caminos de herradura.										



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	3	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica				
1. UBICACIÓN				Laderas			Vertiente rectilínea con fuerte disección				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	683072.949	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9605241.8	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 (X)	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2520 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea (X)	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles ()	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presencia reducida de árboles y hierba seca			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 () Corta 15 a 50 () Mod. Larga 50 a 250 a () Larga 250 a 500 () Muy larga >500 (X)				
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.						FOTOGRAFÍA					
Existencia de quebrada en el pie de la vertiente, presencia vial.											

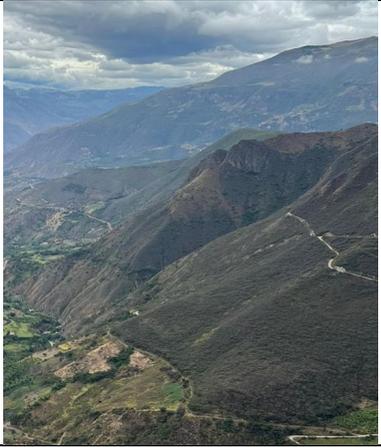


“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	4	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral	Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica						
1. UBICACIÓN				Vertientes			Vertiente abrupta con fuerte disección				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	683080.839	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9606030.783	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 ()	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2445 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 (X)	5 a 15 ()	100 a 200 (X)	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea (X)	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles (X)	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presenta vegetación			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 ()		Corta 15 a 50 ()	Mod. Larga 50 a 250 a ()	
							Larga 250 a 500 (X)		Muy larga >500 ()		
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.						FOTOGRAFÍA					
Presencia de caminos de herradura.											



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA										
CÓDIGO	5	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA						
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral		Unidad Ambiental				Unidad geomorfológica			
1. UBICACIÓN			Vertientes			Vertiente abrupta				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S								
CANTÓN	Saraguro	X (m)	682702.127	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9607884.894	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 ()	0 a 5 m ()	50 a 100 ()
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2465 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 (X)	5 a 15 ()	100 a 200 (X)
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea (X)	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()
Árboles (X)	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presenta vegetación			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()
Arbustivo ()							Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()		
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente			
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 ()	Corta 15 a 50 ()	Mod. Larga 50 a 250 a ()	Larga 250 a 500 (X)
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.						FOTOGRAFÍA				
Presencia de caminos de herradura.										



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	6	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral	Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica						
1. UBICACIÓN				Fluvial			Barranco				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	683863.081	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9609008.154	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	1925 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea (X)	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles ()	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presencia de yerba seca			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 (X)	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 () Corta 15 a 50 () Mod. Larga 50 a 250 a () Larga 250 a 500 () Muy larga >500 (X)				
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Existencia de quebrada en el pie del barranco, presencia de caminos de herradura											



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	7	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral	Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica						
1. UBICACIÓN				Laderas			Vertiente rectilínea				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	684136.574	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9607845.315	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2275 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana (X)	Rectilínea (X)	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles (X)	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presencia reducida de árboles			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 (X)	
Arbustivo (X)					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 () Corta 15 a 50 () Mod. Larga 50 a 250 a () Larga 250 a 500 (X) Muy larga >500 ()				
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Existencia de río en el pie de la vertiente, presencia de caminos de herradura.											



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	8	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Frontal			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica				
1. UBICACIÓN				Poligénica			Relieve volcánico colinado alto				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	684013.082	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9609836.635	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2530 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea ()	Plano ()	Muy suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles (X)	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presenta vegetación			Irregular (X)		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 (X)	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 () Corta 15 a 50 () Mod. Larga 50 a 250 a () Larga 250 a 500 (X) Muy larga >500 ()				
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Presencia de caminos de herradura.											



“Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	9	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Frontal			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica				
1. UBICACIÓN				Poligénica			Interfluvio de cimas estrechas				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	682227.051	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9606838.643	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Este	Z (m.s.n.m)	2500 m s.n.m.	Redondeada ()	Convexa ()	En V (X)	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 ()	
2. COBERTURA VEGETAL				Plana ()	Rectilínea ()	Plano ()	Suave 5 a 12 ()	Escarpado 100 a 150 ()	15 a 25 ()	200 a 300 ()	
Árboles (X)	Cultivo semipermanente ()	Descripción Presenta vegetación			Irregular (X)		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 (X)	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 ()	Abrupta >200 ()			
Herbáceo (X)	Cultivo permanente ()						Longitud de la vertiente				
Cultivo anual ()	Eriales ()						Muy Corta <15 () Corta 15 a 50 () Mod. Larga 50 a 250 a () Larga 250 a 500 (X) Muy larga >500 ()				
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Existencia de un río en el pie de la vertiente											



Anexo 21. Certificación de traducción del resumen

Loja, 4 de abril de 2023

Yo, Kerly María Quezada Gualan, con número de cédula de identidad 1900872118 LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCIÓN IDIOMA INGLES.

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación denominado: **Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Central de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja**”, elaborado por el Sr. Cristhian Nicanor Castillo Prado, con CI: 0706069796 egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente:

.....
Lic. Kerly María Quezada Gualan
0997392663

REGISTRO SENESCYT: 1008-2020-2159143