



UNL

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 Oeste 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:

Luis Santiago Villafuerte Encalada

DIRECTOR:

Ing. Walter Simón Tambo Encalada. Mg. Sc

Loja – Ecuador

2023



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 Oeste 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 **Luis Santiago Villafuerte Encalada**, con cédula de identidad N° **1105578395**, 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, **Luis Santiago Villafuerte Encalada**, 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: 1105578395

Fecha: 06/04/2023

Dirección: Loja, Ciudad Alegría

Correo electrónico: luis.villafuerte@unl.edu.ec

Teléfono: 0969812467



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, **Luis Santiago Villafuerte Encalada**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio 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: 1105578395

Dirección: Ciudad de Loja, ciudadela Alegría

Correo electrónico: luis.villafuerte@unl.edu.ec

Teléfono: 0969812467

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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



Dedicatoria

Todo este esfuerzo está dedicado a mi familia, especialmente a mi viejita querida, mi Madre, porque ella me ayudó en las buenas y en las malas y lo sigue haciendo, a mi Padre, porque con su ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre, a mis hermanos Denis y Meliza por su cariño y apoyo incondicional y Katuska por siempre darme un consejo y su apoyo.

Luis Santiago Villafuerte Encalada



Agradecimiento

En estas líneas quiero agradecer a cada una de las personas que hicieron posible esta investigación, que estuvieron conmigo desde el día uno hasta mi graduación, en los momentos difíciles, alegres y muy tristes, estas palabras son para ustedes.

Primeramente, a Dios por ser la luz que guía mi camino. A mi familia, quienes han estado durante todo el proceso de mi carrera Universitaria, dándome una mano cuando más lo necesitaba.

Agradezco a mi director de trabajo de titulación Ing. Walter Tambo Mg.Sc quien, con su experiencia, conocimiento y sobre todo motivación en la investigación, de lo cual estoy eternamente agradecido y me llevo un bonito recuerdo.

A los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja, quienes me han aportado conocimientos, experiencias consejos, durante todo este proceso universitario.

Al Gobierno Autónomo de Descentralizado de Selva Alegre, quienes estuvieron prestos para cualquier información solicitada y desarrollo del proyecto vinculado con la sociedad.

Luis Santiago Villafuerte Encalada.



Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xii
Índice de Anexos	xv
1.Título	1
2.Resumen	2
2.1. Abstract	3
3.Introducción	4
Objetivos:	5
General.....	5
Específicos.....	5
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
4.2.2.	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
4.2.4.	Dimensiones de un Deslizamiento.....	12
4.3.	Topografía.....	12
4.3.1.	Curvas de nivel	13
4.4.	Geología.....	14
4.4.1.	Rocas ígneas.....	14
4.4.2.	Rocas sedimentarias.....	15
4.4.3.	Rocas metamórficas	15
4.4.4.	Geología estructural.....	16
4.4.4.1.	Planos geológicos: estratos - fracturas – fallas.....	16
4.4.4.1.1.	Fallas.....	17
4.4.4.1.2.	Pliegues.....	18
4.5.	Fotointerpretación	20
4.6.	Geomorfología	21
4.7.	Pendiente.....	21
4.8.	Uso de suelo	22
4.9.	Sistema de Información Geográfico.....	22
5.	Metodología	23
5.1.	Área de estudio.....	23
5.1.1.	Ubicación	23
5.1.2.	Acceso.....	24
5.2.	Materiales.....	25



5.2.1.	Materiales de campo	25
5.2.2.	Equipos de oficina.....	25
5.3.	Aspectos generales	26
5.3.1.	Clima.....	26
5.3.2.	Hidrología	28
5.3.3.	Geología regional.....	29
5.3.4.	Población y vivienda.....	30
5.4.	Métodos.....	32
5.4.1.	Metodología para el primer objetivo.....	32
5.4.1.1.	Topografía.	32
5.4.1.2.	Pendientes.....	33
5.4.1.3.	Geomorfología.	34
5.4.1.4.	Uso de suelo	36
5.4.1.5.	Geología	39
5.4.2.	Metodología para el segundo objetivo.....	40
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 de estudio.....	47
6.1.1.	Topografía.....	47
6.1.2.	Pendientes	49
6.1.3.	Geomorfología	51
6.1.4.	Uso de suelo.....	65
6.1.5.	Geología local	68
6.1.5.1.	Columnas estratigráficas.	81
6.2.	Variables valoradas mediante el Método de Evaluación Multicriterio de Jerarquización Analítica de Saaty	84
6.2.1.	Aplicación de la matriz de jerarquización analítica de Saaty (AHP).....	87



6.3. Zonificación de las áreas susceptibles a deslizamientos del área de estudio	91
7.Discusión	94
8.Conclusiones	96
9.Recomendaciones	98
10.Bibliografía	99
11.Anexos	103



Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa.....	8
Tabla 2. Materiales utilizados en campo.....	25
Tabla 3. Equipos de oficina.....	25
Tabla 4. Clima del área de estudio.....	26
Tabla 5. Precipitaciones típicas de la Parroquia Selva Alegre.....	26
Tabla 6. Temperaturas típicas de la Parroquia Selva Alegre.....	27
Tabla 7. Población de la Parroquia Selva Alegre.....	31
Tabla 8. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos.....	42
Tabla 9. Escala de Saaty para determinar el valor de x_{ij}	42
Tabla 10. Ejemplo de valoración.....	42
Tabla 11. Valoración de las variables aplicadas.....	44
Tabla 12. Criterio para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.....	46
Tabla 13. Pendientes de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	50
Tabla 14. Geomorfología de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	52
Tabla 15. Deslizamientos de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	52
Tabla 16. Uso de suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	66
Tabla 17. Litologías de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	69
Tabla 18. Afloramientos totales de la zona de estudio.....	80
Tabla 19. Valoración de la pendiente.....	84
Tabla 20. Valoración Geomorfológica.....	85
Tabla 21. Valoración uso de suelo.....	86
Tabla 22. Valoración geológica.....	87
Tabla 23. Obtención de la ponderación final para los variables generales.....	90
Tabla 24. Obtención del RC para verificación de la valoración.....	90
Tabla 25. Categorías y rangos de la susceptibilidad a deslizamientos de la zona Oeste.....	92
Tabla 26. Relación entre los deslizamientos y la Susceptibilidad de la Zona de estudio.....	93



Índice de Figuras

Figura 1. Deslizamiento Rotacional.....	10
Figura 2. Deslizamiento Traslacional	10
Figura 3. Partes de un deslizamiento	10
Figura 4. Dimensiones de un deslizamiento	12
Figura 5. Topografía	13
Figura 6. Fundamento de las curvas de nivel.....	14
Figura 7. Diferenciación entre rumbo, manteo y dirección	17
Figura 8. Diferenciación entre falla normal e inversa	18
Figura 9. Fallas de rumbo	18
Figura 10. Partes de un pliegue.....	19
Figura 11. Tipos de pliegue	20
Figura 12. Ubicación de la zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	24
Figura 13. Quito – Catamayo.....	24
Figura 14. Loja- Saraguro – Zona Oeste Selva Alegre.....	25
Figura 15. Isoyetas de la Parroquia Selva Alegre	27
Figura 16. Isotermas de la Parroquia Selva Alegre	28
Figura 17. Hidrografía de la Parroquia Selva Alegre	29
Figura 18. Geología de la zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	30
Figura 19. Vuelo del Drone Phantom 4 en la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	32
Figura 20. Puntos de control de la Parroquia Selva Alegre	33
Figura 21. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de pendientes	34
Figura 22. Hillshape de la zona de estudio	35
Figura 23. Modelamiento 3D del área de estudio en Arcsene y Litología-drenaje.	35
Figura 24. Geo-formas de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre y toma de puntos. ...	36
Figura 25. Pastizal y cultivos de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	37
Figura 26. Nube de puntos Zona Oeste.....	37
Figura 27. Model Builder para la elaboración del Uso Actual de Suelo	38
Figura 28. Ráster preliminar de Uso de Suelo	38
Figura 29. Uso de suelo corregido de la Oeste 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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre	47



Figura 33. Mapa de Pendientes de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	49
Figura 34. Mapa Geomorfológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	51
Figura 35. Deslizamiento 01	53
Figura 36. Deslizamiento 02.....	53
Figura 37. Deslizamiento 03	54
Figura 38. Deslizamiento 04.....	55
Figura 39. Deslizamiento 05	55
Figura 40. Deslizamiento 06.....	56
Figura 41. Deslizamiento 7	57
Figura 42. Deslizamiento 8.....	57
Figura 43. Deslizamiento 9.....	58
Figura 44. Deslizamiento 10.....	59
Figura 45. Vertiente Heterogénea– Zona Oeste.....	60
Figura 46. Vertiente heterogénea con fuerte disección.....	61
Figura 47. Vertiente rectilínea – Zona Oeste	61
Figura 48. Vertiente rectilínea con fuerte disección – Zona Oeste.....	62
Figura 49. Vertiente abrupta – Zona Oeste.....	62
Figura 50. Barranco – Zona Oeste	63
Figura 51. Afloramiento - Zona Oeste.....	64
Figura 52. Interfluvio de cimas estrechas – Zona Oeste.....	64
Figura 53. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.....	65
Figura 54. Mapa Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	68
Figura 55. Corte Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	69
Figura 56. Afloramiento 1 – Zona Oeste	70
Figura 57. Afloramiento 2 – Zona Oeste	71
Figura 58. Afloramiento 3 – Zona Oeste	71
Figura 59. Afloramiento 6 – Zona Oeste	72
Figura 60. Roca granodiorita del afloramiento 6.....	72
Figura 61. Afloramiento 7– Zona Oeste	73
Figura 62. Afloramiento 9 – Zona Oeste	73
Figura 63. Afloramiento 20 – Zona Oeste	74
Figura 64. Afloramiento 38 –Zona Oeste	74
Figura 65. Afloramiento 39 – Zona Oeste	75



Figura 66. Afloramiento 41 – Zona Oeste	75
Figura 67. Afloramiento 43 – Zona Oeste	76
Figura 68. Afloramiento 44 – Zona Oeste	76
Figura 69. Afloramiento 45– Zona Oeste	77
Figura 70. Afloramiento 46 – Zona Oeste	78
Figura 71. Afloramiento 53 – Zona Oeste	78
Figura 72. Afloramiento 54 – Zona Oeste	79
Figura 73. Afloramiento 55 – Zona Oeste	79
Figura 74. Columna estratigráfica de depósitos coluviales de detritos.....	82
Figura 75. Columna estratigráfica de depósitos coluviales- limos	81
Figura 76. Columna estratigráfica de depósitos coluviales tobas riolíticas.....	81
Figura 77. Columna estratigráfica de depósitos fluviales.....	82
Figura 78. Columna estratigráfica de la Zona Oeste.	83
Figura 79. Mapa de Susceptibilidad de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	91



Índice de Anexos

Anexo 1. Ficha para descripción de deslizamientos	103
Anexo 2. Ficha para descripción de afloramientos	103
Anexo 3. Ficha para descripción Geomorfológica	104
Anexo 4. Metodología de Clirsen (2012)	104
Anexo 5. Fotointerpretación de geformas	105
Anexo 6. Clasificación de pendientes según Demmek (1972)	107
Anexo 7. Leyenda temática Nivel I y II, MAE-MAGAP-CLIRSEN	108
Anexo 8. Leyenda temática Nivel III y IV (Tierras Agropecuarias)	108
Anexo 9. Valoración de las variables en la matriz de comparación por pares	109
Anexo 10. Mapa Topográfico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 11. Mapa de Pendientes de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 12. Mapa Geomorfológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 13. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 14. Mapa Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 15. Corte Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre	112
Anexo 16. Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de la Zona Oeste	112
Anexo 17. Relación de deslizamientos y susceptibilidad en la Zona Oeste	112
Anexo 18. Descripción de deslizamientos	113
Anexo 19. Descripción de afloramientos	123
Anexo 20. Descripción geomorfológica	142
Anexo 21. Certificado de traducción de resumen	150



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

1. Título

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



2. Resumen

El trabajo de investigación denominado “Susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”, cuenta con un área de 1505.46 ha. Como primer punto se realizó el levantamiento de la información en oficina, para dar paso al levantamiento topográfico, considerando red vial, pendientes, infraestructura, red hídrica, cuerpos de agua, para poder realizar el desarrollo de las variables consideradas para el mapa de susceptibilidad. Para la construcción cartográfica se empleó el método cuantitativo del Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process, AHP), postulado por Thomas Saaty en el año 1980, lo cual permitió la valoración, normalización, ponderación de los factores aplicados. En el desarrollo del mapa de susceptibilidad se utilizó el Software ArcGIS 10.4, realizando la confección de las variables (Geomorfología, Pendiente, Geología, Uso actual de suelo), haciendo uso de las herramientas de ArcMap, para el análisis de correlación e interpretación de los datos obtenidos en campo, lo cual permitió dar la valoración correspondiente de pesos a cada variable y subvariable, para la categorización del mapa final de susceptibilidad. Para finalizar los resultados de este proyecto permitieron zonificar las áreas susceptibles a deslizamientos representados en mapa de susceptibilidad final, desarrollado bajo el Datum WGS84-Zona 17 Sur y así se logra evidenciar las zonas, antes los posibles deslizamientos.

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



2.1. Abstract

The research work called "Susceptibility to landslides at a scale of 1:5000, of the West Zone of the Selva Alegre Parish, Saraguro Canton, Loja Province", has an area of 1505.46 ha. As a first step, information was collected in the office, to give way to the topographic survey, considering the road network, slopes, infrastructure, water network, and bodies of water, in order to develop the variables considered for the susceptibility map. For the cartographic construction, the quantitative method of the Analytical Hierarchy Process (AHP), postulated by Thomas Saaty in 1980, was used, which allowed the valuation, normalization and weighting of the applied factors. In the development of the susceptibility map, the ArcGIS 10.4 software was used, making the preparation of the variables (Geomorphology, Slope, Geology, Current Land Use), making use of the arcmap tools, for the correlation analysis and interpretation of the data obtained in the field, which allowed giving the corresponding valuation of weights to each variable and sub-variable, for the categorization of the final susceptibility map. Finally, the results of this project allowed the zoning of the areas susceptible to landslides represented in the final susceptibility map, developed under Datum WGS84-Zone 17 South, thus making it possible to highlight the zones before possible landslides.

Key words: Susceptibility, Landslides, Saaty, Geology, Geomorphology, Land Use



3. Introducción

La susceptibilidad a deslizamientos es un conjunto de análisis muy importante para la toma de decisiones, al momento de planificar un proyecto a cualquier escala, por lo cual la parroquia Selva Alegre, especialmente en la zona Oeste, se ve perjudicado de manera directa e indirectamente por deslizamientos, generando pérdidas importantes dentro del lugar de trabajo.

Es sumamente importante y de manera urgente realizar un estudio de Susceptibilidad a deslizamientos en los cuales se analizó variables como las siguientes: geológicas, geomorfológicas, pendientes, uso actual de suelo, que se valoraron con criterio técnico con el objetivo de obtener un Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos.

El trabajo realizado contribuye de manera eficaz y esencial a determinar las zonas más susceptibles a deslizarse de la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre, con la finalidad de dar a conocer de manera técnica los problemas existentes a los habitantes del lugar, comunidad en general y a su vez con ello plantear medidas de alerta.

Los estudios realizados en la zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre, han demostrado que existe un déficit de información, en relación a las variables aplicadas, teniendo en cuenta que, existen deslizamientos, depósitos, geoformas y uso de suelo a detalle, que influyen de manera importante al momento de la zonificación del área de estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó con información geográfica a escala 1:5000; trabajando en la cartografía base, mediante uso de sistemas de información geográfica, por lo tanto, el proyecto está direccionado a contribuir a las entidades del Gobierno Autónomo Descentralizado (Gad) Parroquial de Selva Alegre y el Cantón Saraguro encargadas de la toma de decisiones con su plan de trabajo, proporcionándoles información completa y a detalle para la zonificación de las áreas susceptibles a deslizamiento, que les permite diseñar estrategias de control y expandir los estudios, logrando una reducción del nivel de riesgo a la población frente a esta amenaza.

Finalmente, es importante que este proyecto sea tomado por las autoridades competentes, para la regulación del uso de suelo y expansión urbanística.



Objetivos:

General

Determinar la Susceptibilidad a Deslizamientos a escala 1:5000, de la Zona Oeste 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 Oeste 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

Servicio Geológico Colombiano (2013) manifiesta que se entiende como una medida cualitativa, o cuantitativa, de la magnitud y distribución espacial de un fenómeno que sea existente o potencial en un área determinada. La determinación de la susceptibilidad está basada en el análisis de factores intrínsecos, los cuales son responsables de la manera en la cual se materializan dichos fenómenos. En el caso de los movimientos en masa (deslizamientos), los factores intrínsecos, corresponden a las condiciones geográficas, geológicas y ambientales, entre otras.

Suarez (2009) manifiesta que la susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos.

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.

4.1.1. Zonificación y mapeo de la susceptibilidad del terreno

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

Al momento de realizar la evaluación de la susceptibilidad se puede realizar por dos sistemas que son de experiencia, se trata de la observación en campo de los deslizamientos existentes en el área de estudios evaluando la geomorfología del terreno y el sistema teórico, se mapea los factores que son causantes de la ocurrencia de los deslizamientos.

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

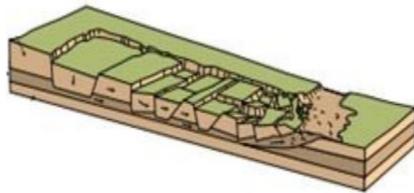
PMA: GCA, (2007) manifiesta que el origen de estos fenómenos se encuentra ligado a procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que tienen lugar en la corteza terrestre como producto de la interacción entre la hidrósfera, atmósfera y corteza

Según SGC, (2013) son aquellos movimientos de ladera debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad. De igual manera, equivale a definiciones tales como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa o fallas de taludes y laderas.

4.2.1. Tipos de movimientos en masa

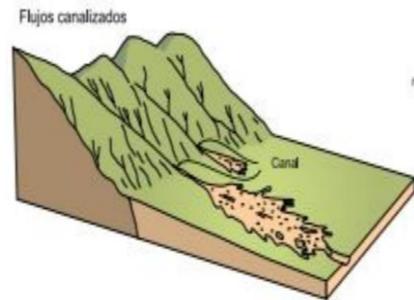
Tabla 1. Tipos de movimientos en masa

Clase	Imagen	Características	Velocidad del movimiento
Volcamiento		Rotación de los bloques de roca o suelo alrededor de un punto en su parte inferior. La gravedad actúa con la finalidad de dar el movimiento ya sea de empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas.	Lento a gradual
Caída		Desprendimiento de roca o suelo por acción principalmente del aire, dando como resultado rebotes, rodamientos, y volcamientos.	Rápido y muy rápido.
Propagación Lateral		Este desplazamiento ocurre por la expansión de las rocas o suelo, existen dos tipos de propagación ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción y el otro que el	Extremadamente lento.



movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas

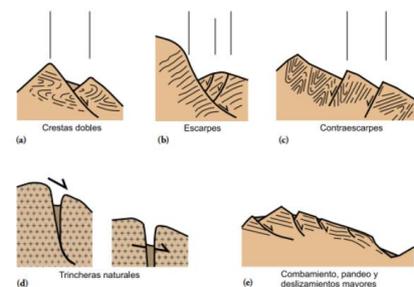
Flujos



Según Aguilar, (1996) Los flujos 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)

Lento o Rápido

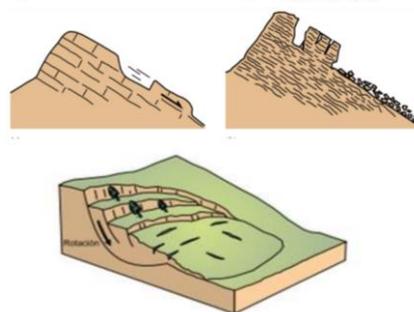
Deformación Gravitacionales profundas



Presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida.

Muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento.

Deslizamiento



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.

Traslacional y Rotacional

Nota: PMA, GCA (2007)

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 Hutchinson (1988) este tipo de movimiento con superficie de falla profunda (en contra de la tendencia general, junto con algunos deslizamientos compuestos) ocurre en taludes conformados por capas gruesas homogéneas de arcilla o shale. También se presenta en



materiales granulares o en macizos de roca muy fracturada, en los cuales la presión de poros es suficientemente alta para generar una falla rotacional en vez de una traslacional.

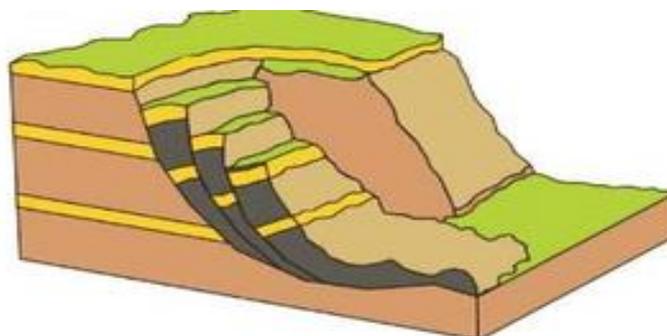


Figura 1. Deslizamiento Rotacional

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

4.2.2.2. Deslizamiento traslacional.

Según Hutchinson (1988), este tipo de deslizamiento involucra falla por cortante a lo largo de una superficie casi planar en el sentido de la ladera, a veces canalizada en sección transversal. El material se desplaza en forma casi paralela a la pendiente del terreno y la relación D/L es de 0,1 o menos.

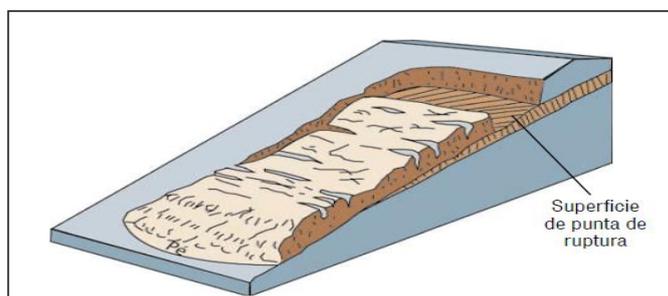


Figura 2. Deslizamiento Traslacional

Nota: SGC (2015)

4.2.3. Partes de un deslizamiento

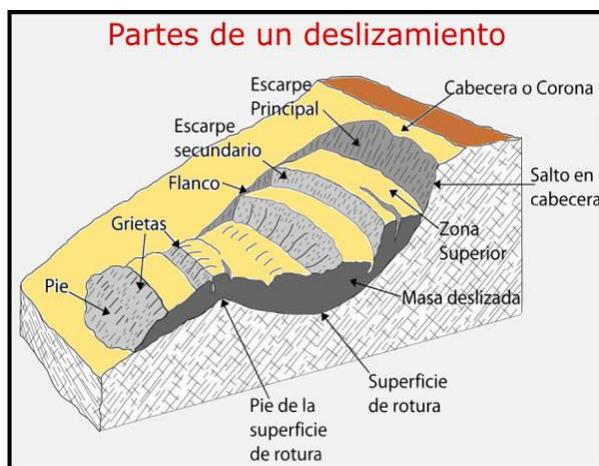


Figura 3. Partes de un deslizamiento

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.



4.2.4. Dimensiones de un Deslizamiento

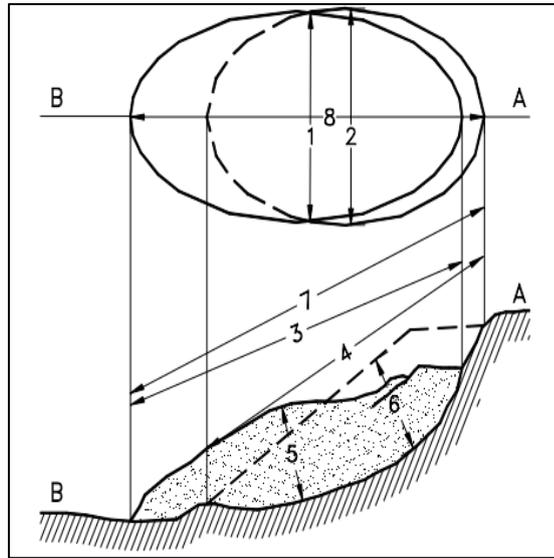


Figura 4. Dimensiones de un deslizamiento
Nota: IAEG Commission on Landslides (1990)

- Ancho de la masa desplazada (W_d): Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, L_d .
- Ancho de la superficie de falla (W_r): Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud L_r .
- Longitud de la masa deslizada (L_d): Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- Longitud de la superficie de falla (L_r): Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- Profundidad de la masa desplazada (D_d): Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d
- Profundidad de la superficie de falla (D_r): Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .
- Longitud total (L): Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- Longitud de la línea central (L_{cl}): Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

4.3. Topografía

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y



objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinados (Replanteo).

Es una ciencia que estudia la posición de los puntos georreferenciados que se sitúan en la superficie de la tierra, nos proporciona mediciones de ángulos, distancias, elevaciones de un lugar determinado de estudio. (Rincón M. et al. 2017)

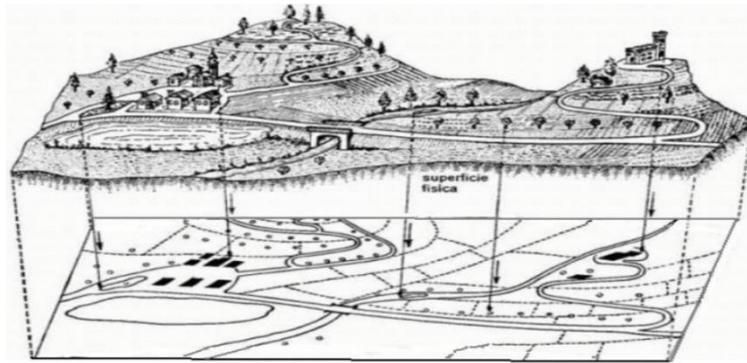


Figura 5. Topografía

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.

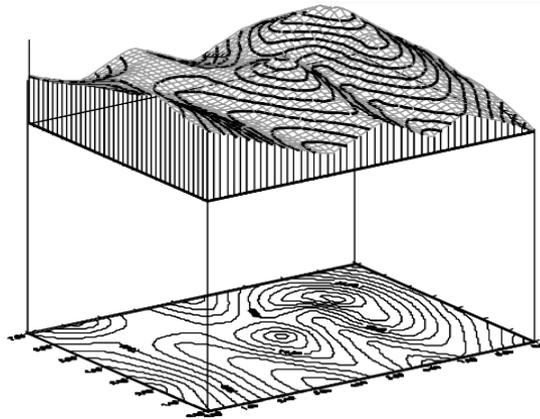


Figura 6. Fundamento de las curvas de nivel
Nota: Rey (1999)

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

(Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005), manifiestan que la Geología es la comprensión de la Tierra; la definen como un sistema multidimensional gigante, que consta de muchas partes separadas pero interactuantes. La geología en el concepto clásico se define como el conocimiento de la formación sucesiva de la corteza terrestre.

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, analiza y describe cada uno de los factores que la forman para así poder determinar la evolución de toda su historia e intenta comprender la causa de cada uno de los fenómenos que se encuentran actuando de manera directa e indirecta. 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)

El magma al momento de salir a superficie se convierte en lava, este proceso al momento de entrar a un enfriamiento solidifica, dependiente de la composición de ese magma, aquí se forman otro tipo de rocas denominadas 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.”

Los ambientes marinos o continentales es el lugar donde se acumulan estos materiales, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie, en desiertos, estepas, etc.). el material que se acumula, son diferentes fragmentos que técnicamente son conocidos como estratos o capas, a su vez también existen fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos. (Varela, 2014)

4.4.3. Rocas metamórficas

Para la formación de las rocas metamórficas existen agentes responsables como la presión teniendo en cuenta que unas 1000 atmósferas cada 3 kilómetros. (1 atmósfera cada 3 metros) por lo que a más de 200°C y 2000 atmósferas (6000 metros), la temperatura aumenta en promedio 33°C por kilómetros. (1°C por cada 30 metros de profundidad), y los diferentes fluidos químicos, hace que se formen 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)

Las condiciones ambientales en donde se encuentran las diferentes unidades litológicas varían dando como resultados su inestabilidad y desaparecen, con aparición de nuevas especies, el tiempo es un factor importante en donde existen arreglos tanto de estructuras y texturas de



las rocas, que tiene relación con el campo de esfuerzos durante el metamorfismo. (Varela, 2014)

4.4.4. Geología estructural

Los procesos y elementos que estaban relacionados de manera directa con las fuerzas tectónicas en la corteza terrestre se encuentran en la geología estructural, a su vez se analiza estructuras geológicas especialmente tectónicas para aclarar la acción de fuerzas dirigidas durante la historia geológica. Estos análisis, pueden ser apoyados por prospección y exploración. (Griem, 2020)

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). Los planos geológicos son: estratos, fracturas, fallas, pliegues, diaclasas, discordancias.

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) Foliaciones primarias

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

b) Foliaciones 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:

- a) Dirección de inclinación
- b) Rumbo
- c) Manteo

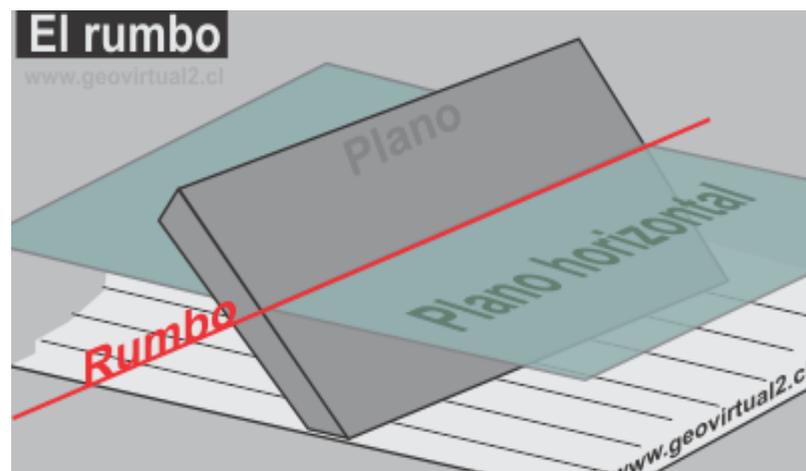


Figura 7. Diferenciación entre rumbo, manteo y dirección
Nota: Griem (2020)

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)

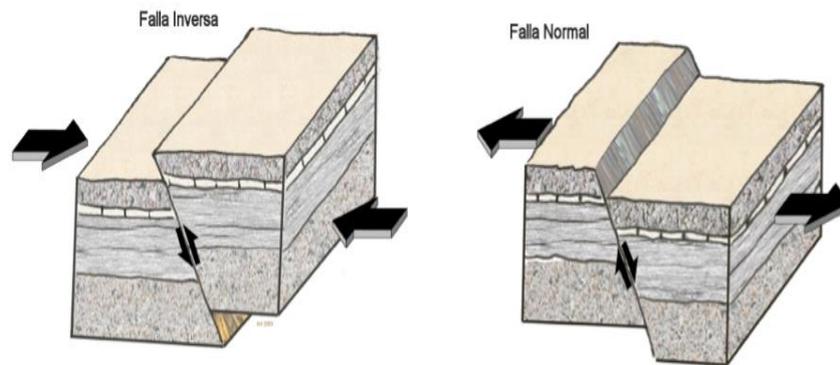


Figura 8. Diferenciación entre falla normal e inversa
Nota: Griem (2020)

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)

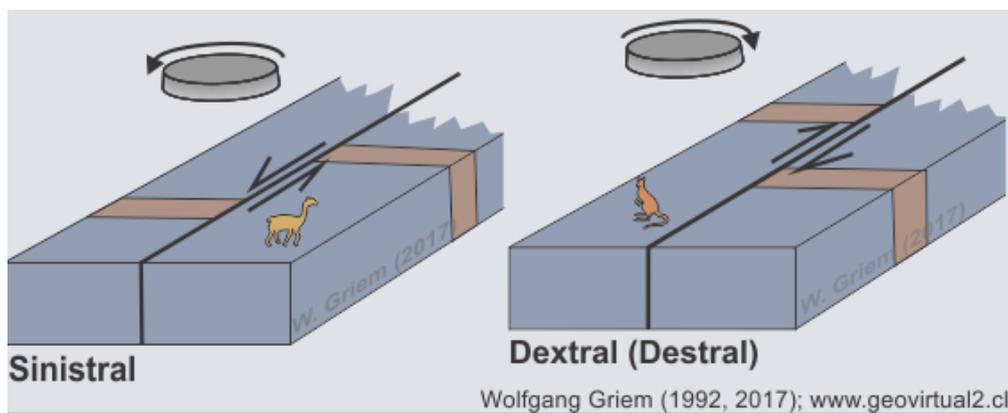


Figura 9. Fallas de rumbo
Nota: (Griem, 2020)

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)

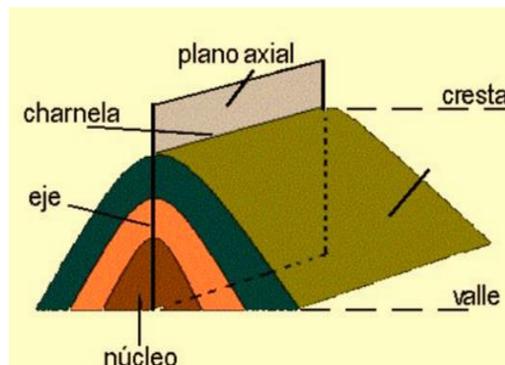


Figura 10. Partes de un pliegue
Nota: (CATEDU, 2018)

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. Es una asociación en la que 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)

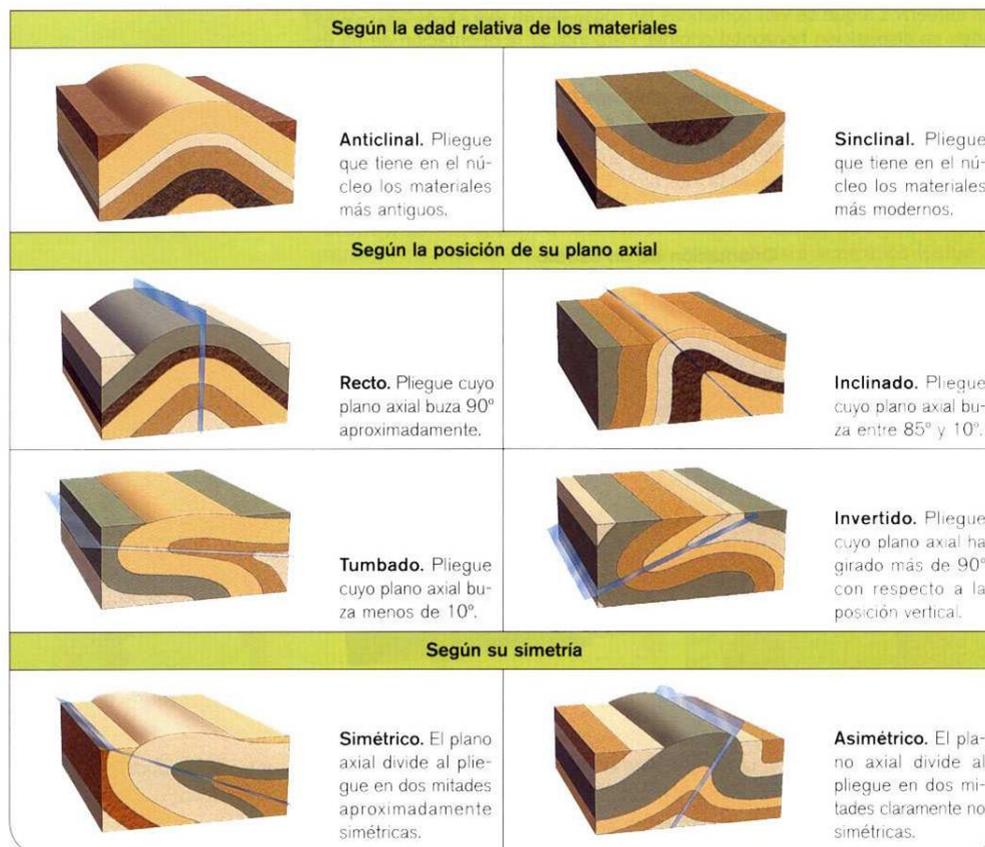


Figura 11. Tipos de pliegue

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 sucederse en el área.
- La problemática de los recubrimientos territoriales y solape de los vuelos.

Es la técnica que nos facilita la examinación de fotografías de un área u otros elementos, con la finalidad de identificar diferentes componentes captados por la película, que se encontraban sobre la superficie al momento de realizar la captura y que nos brinda información de interés. (Chuvienco, 1996). De esta manera, ayudara al reconocimiento, determinación y categorización de los paisajes y objetos en general, a través de la deducción de los objetos de la realidad que son localizados en la fotografía, esta técnica es muy utilizada al momento de realizar geología, uso actual de suelo, fotointerpretación, topografía, entre otros.

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.

Según Escobar (2013) La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física.

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.



Según INGI (1988). Define a la pendiente del terreno en un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo.

Las diferentes inclinaciones del terreno se lo conocen como pendiente, el ángulo de la pendiente es uno de los factores que influye de manera directa en los procesos de degradación del terreno.

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

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 georreferenciados, con la finalidad de resolver los distintos problemas y objetivos de gestión y planificación.

“Los Sig es el conjunto de hardware y software, con la ayuda de datos geográficos, personas y procedimientos; organizados para almacenar, actualizar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente” (Huxhold y Levinsohn, 2001)



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 msnm.

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 Oeste de estudio en la parroquia Selva Alegre, comprende al Barrio Santa Lucia y San Luis. (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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre. La zona este, central y oeste fue dividida con la ayuda de la herramienta Parcel Fabric en ArcGIS, donde se obtuvo los polígonos iguales y simétricos para cada zona.

La zona Oeste 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=681677m Y=9608943 m

Sur: X= 680299 m Y= 9603211m

Este: X= 681870m Y=9605572 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;

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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (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”.

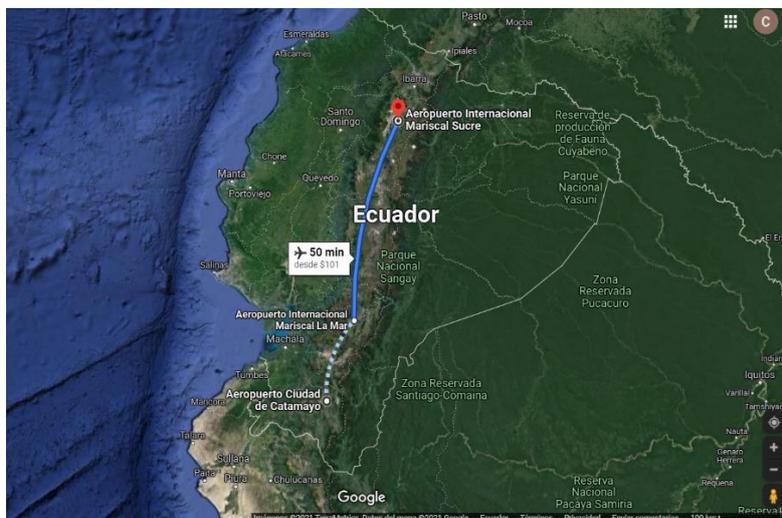


Figura 13. Quito – Catamayo
Nota: Google Earth (2022)- Editado por: Villafuerte L. (2023)



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 horas, hasta la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.



Figura 14. Loja- Saraguro – Zona Oeste Selva Alegre
Nota: Google Earth (2022) - **Editado por:** Villafuerte L. (2023)

5.2. Materiales

5.2.1. *Materiales de campo*

Tabla 2. Materiales utilizados en campo

GPS Garmin Etrex 10

GPS Geodésico Trimble R6

Brújula tipo Brunton

Martillo Geológico

Ácido Clorhídrico al 10%

Fichas geológicas, deslizamientos, geomorfológicas

Cámara fotográfica

Libreta de campo, cita métrica y fundas Ziploc

Drone Phantom 4

Nota: Villafuerte L. (2023).

5.2.2. *Equipos de oficina*

Tabla 3. 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 10.4

Software Avenza Maps

Software Pix4Dmapper

Ortofotos escala 1:5000

Computadora portátil

Nota: Villafuerte L. (2023).



5.3. Aspectos generales

5.3.1. Clima

La zona Oeste 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.

En la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre se presentan lluvias durante todo el año. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023).

Tabla 4. Clima del área 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 (Guambuza).
Ecuatorial mesotérmico-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 (Guambuza). Presencia del área de protección hídrica.

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023).

Tabla 5. Precipitaciones típicas 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	Ubicado en las áreas de protección hídrica y de conservación, se encuentran ubicados hacia el Suroeste de la parroquia.
1100-1200	290.69	6.44	
1200-1300	0.7	0.02	

Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023).

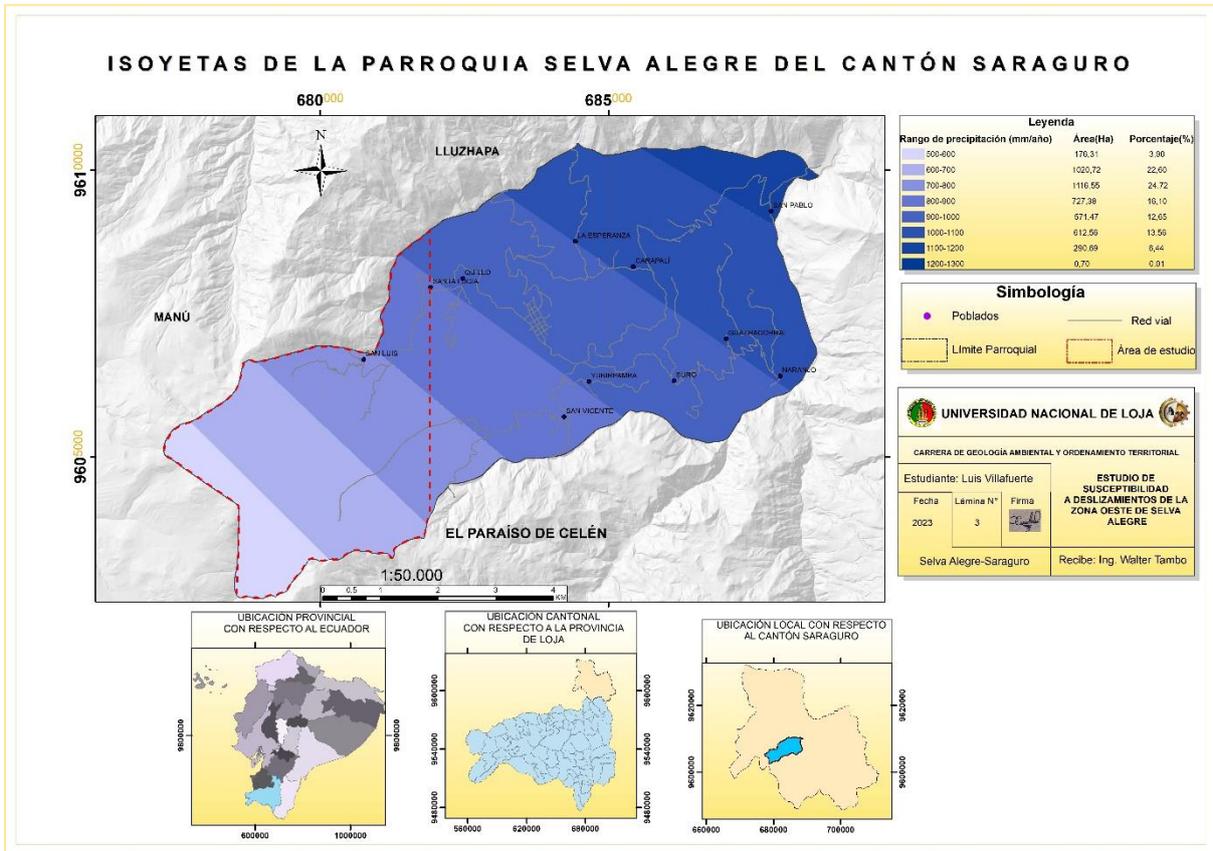


Figura 15. Isoyetas de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

Tabla 6. Temperaturas típicas 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)

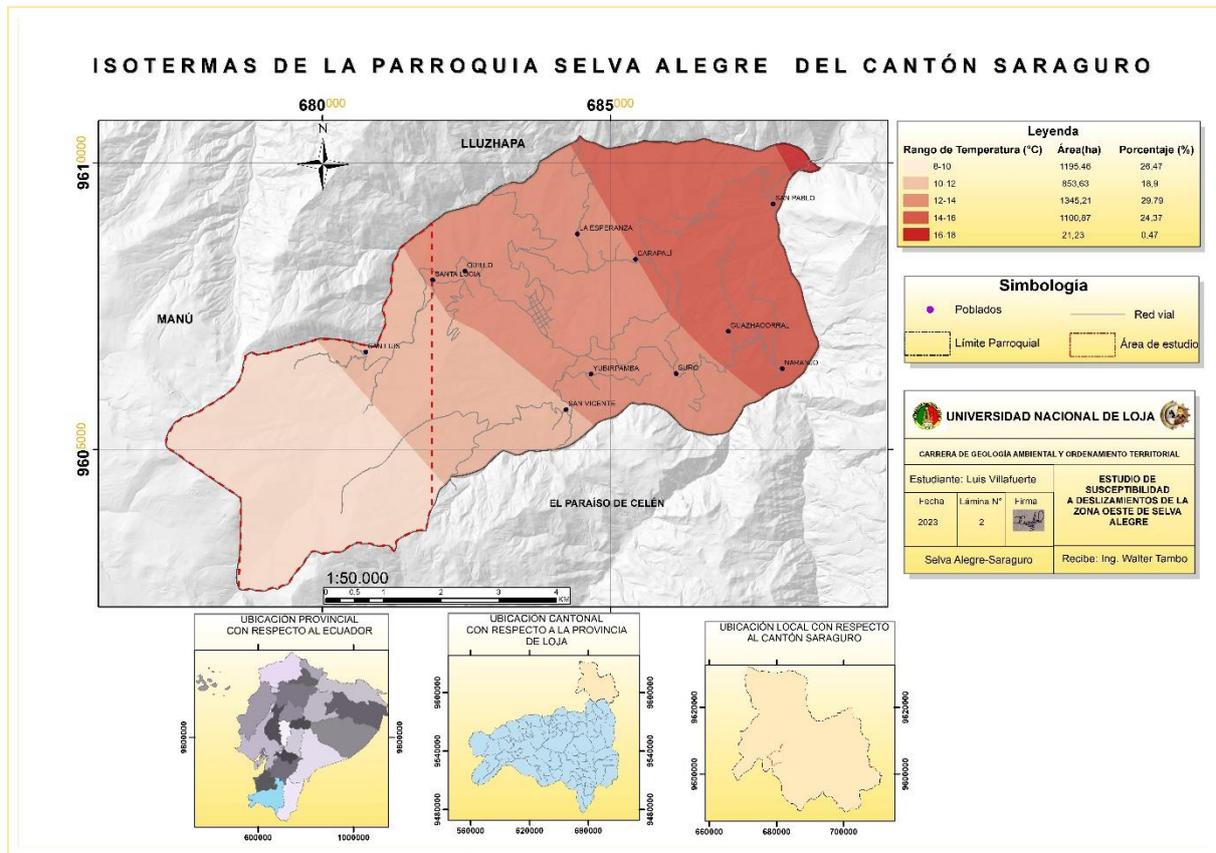


Figura 16. Isotermas de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.2. Hidrología

La Parroquia Selva Alegre está asociada a la cuenca del río Jubones, en la parte alta de la Parroquia nacen diversas quebradas, lagunas, vertientes y ríos para el consumo humano y riego de las comunidades. La hidrografía de la parroquia, se forma por dos micro cuencas:

- La primera es el río Curiyacu su nacimiento se da de una laguna, la cual se la tomó como límite parroquial entre las comunidades de Selva Alegre y Lluzhapa.
- La segunda microcuenca se toma del río San Vicente provisto por varios caudales, y se denomina río Narango, el cual sirve de límite parroquial con 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. (Pdot Selva Alegre, 2019-2023)

El área de estudio es atravesada por el río Curiyacu que fluye de Este a Oeste y a su vez por varios ríos como la quebrada Comunidad, quebrada Peña Blanca que desembocan en el río León. La siguiente figura 17 representa las subcuencas de la parroquia.

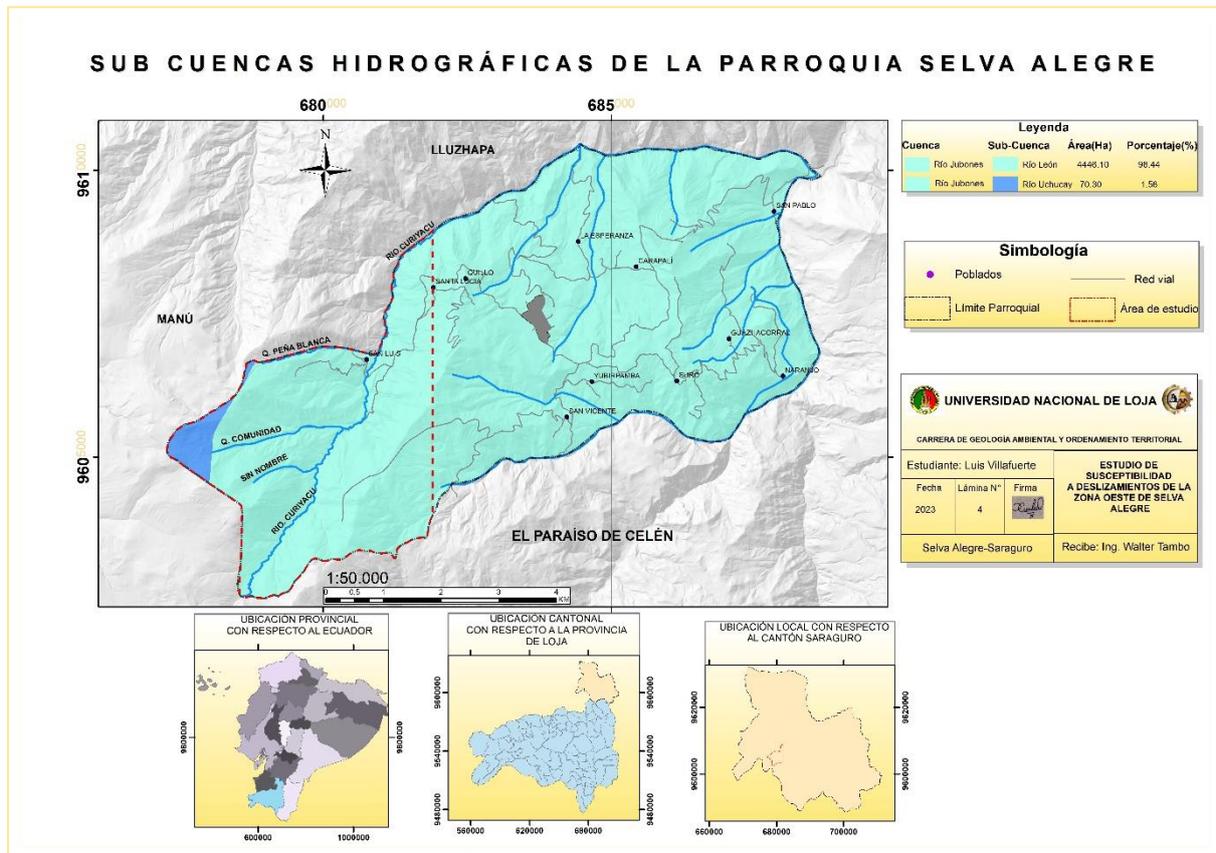


Figura 17. Hidrografía de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.3. Geología regional

Kennerley, (1973) la formación Saraguro caracterizada porque aflora en los valles profundamente disectados, siguiendo los ríos León, Paquishapa, Tenta, Jubones, se presentan estratos de lava y piroclastos caracterizándose por capas gruesas. Los piroclastos van desde tobas de grano fino a aglomerados muy bastos, lo más común son las tobas masivas aglomerática, de color amarillo que van desde los 50 a 100 metros de espesor. También se encuentran ignimbritas en una composición de riolitas y dacita caracterizándose por cavidades lenticulares. Las tobas riolíticas son similares a las ignimbritas, pero se diferencian por su grano más grueso.

La formación Chichillo caracterizado por lavas con estratos de piroclastos. Las lavas son riolíticas con alto contenido de fenocristales de cuarzo y andesitas porfiríticas. 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



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

deslizamientos está en la mayoría de las veces ligados con material coluvial (depósitos superficiales). (PDOT, 2019-2023)

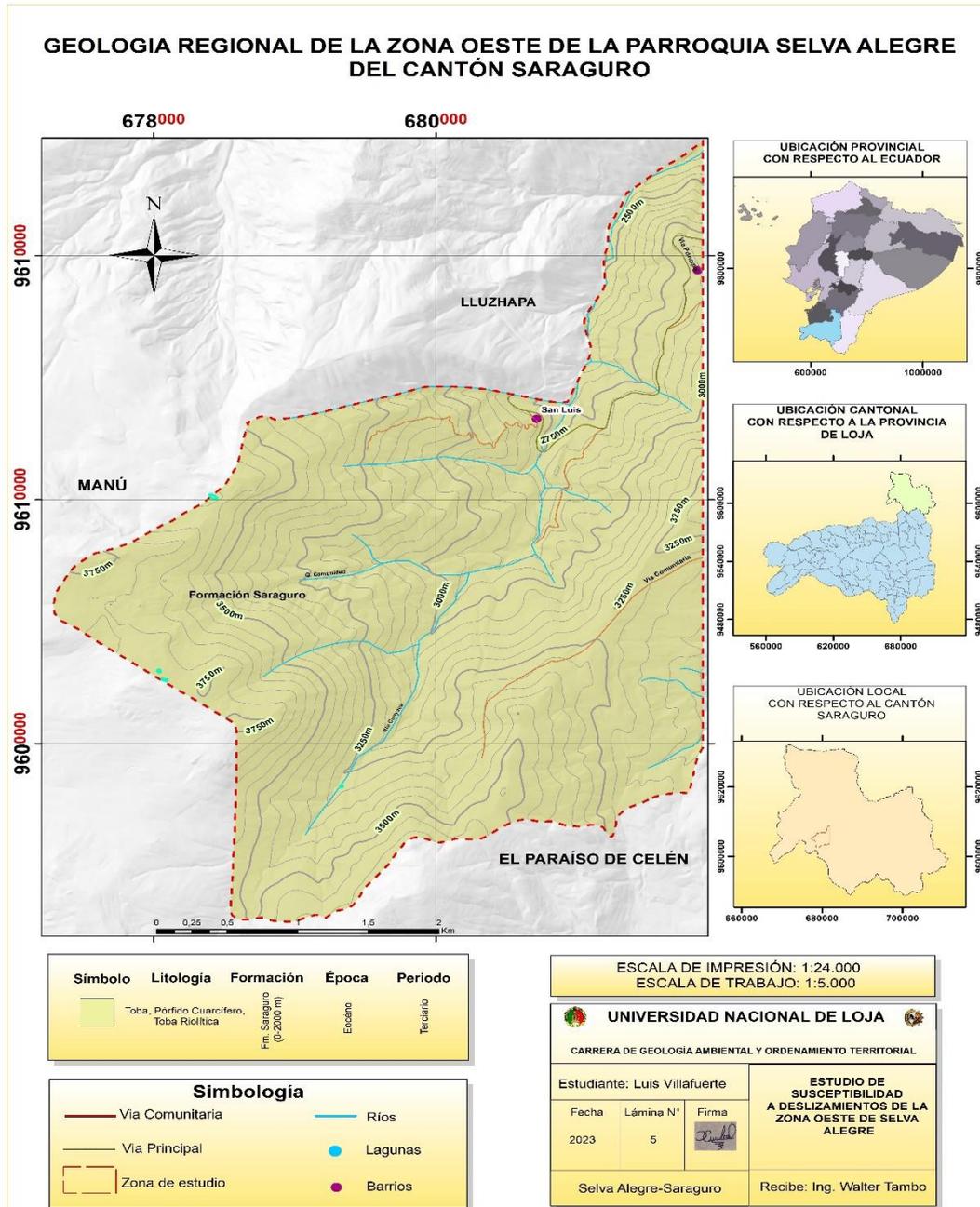


Figura 18. Geología de la zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: PDOT Parroquia Selva Alegre (2019-2023)

5.3.4. Población y vivienda

Según el VII censo de Población y VI vivienda, es de 1927 habitantes, los cuales 903 son de sexo masculino, esto representa un 47 % de la población total y con un 53% de mujeres, de 1024 habitantes, la proyección para el año 2020 es de 2139 habitantes, según estadísticas



del Senplades la proyección de la población de la parroquia en este año 2023 es de 2161 habitantes. (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Selva Alegre 2019- 2023)

En lo que respecta a la población de los barrios que abarca nuestra zona de estudio (San Luis, Santa Lucia) existen alrededor 215 habitantes que corresponden a 37 familias.

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 habitante 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)

Tabla 7. Población de la Parroquia Selva Alegre

Comunidad	Categoría	Población		Género	
		Nº Familias	Nº Habitantes	Hombre	Mujeres
San Pablo	Comunidad	10	40	17	23
San Luis	Comunidad	15	120	55	65
Santa Lucia	Sector	20	85	35	50
Esperanza	Comunidad	35	120	50	70
Carapalí	Comunidad	85	450	220	230
Yubirpamba	Comunidad	40	180	80	100
Guazhacorral	Comunidad	100	320	165	155
San Vicente	Comunidad	60	170	80	90
Suro	Comunidad	65	185	85	100
Selva Alegre	Cab/ Parroquial	300	900	425	475
Total		730	2570	1212	1358

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 Oeste 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 ubicarnos en el campo.

El primer paso para realizar cada una de las variables se realizó una recopilación de datos e información del sector, el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Selva Alegre actualizado, carta Geológica de Saraguro a escala 1:50000, carta Topográfica de Saraguro a escala 1:50000 y carta Topográfica de Selva Alegre a escala 1:50000 para posteriormente recabar información en campo y generar una data a detalle.

Fase de campo

Se determinó 21 puntos de control definitivos con el Datum WGS84, zona 17 Sur con la ayuda del GPS geodésico Trimble R6, cada uno de estos puntos se encuentran en diferentes zonas estratégicas con la finalidad de que no exista margen de error y la posición de los elementos en la zona de estudio sea exacta, y posteriormente se llevó a cabo las diferentes topográficas aéreas con la ayuda del dron Phantom 4 a escala 1:5000.



Figura 19. Vuelo del Dron Phantom 4 en la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (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 utilizar el software 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 10.4 para la elaboración del mapa topográfico (Ver Anexo 10), que será como base para realizar los mapas posteriores.

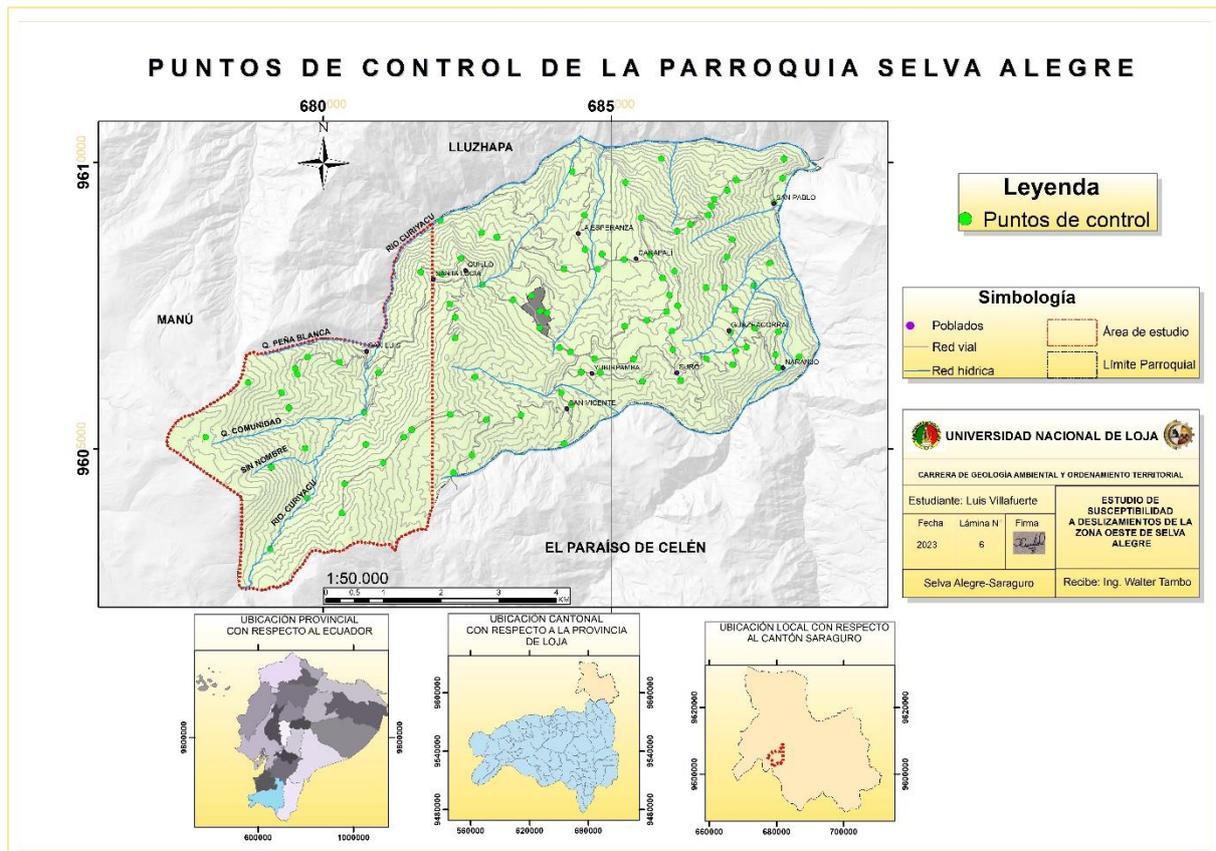


Figura 20. Puntos de control de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (2023).

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 10.4, con el procedimiento que se muestra a continuación:

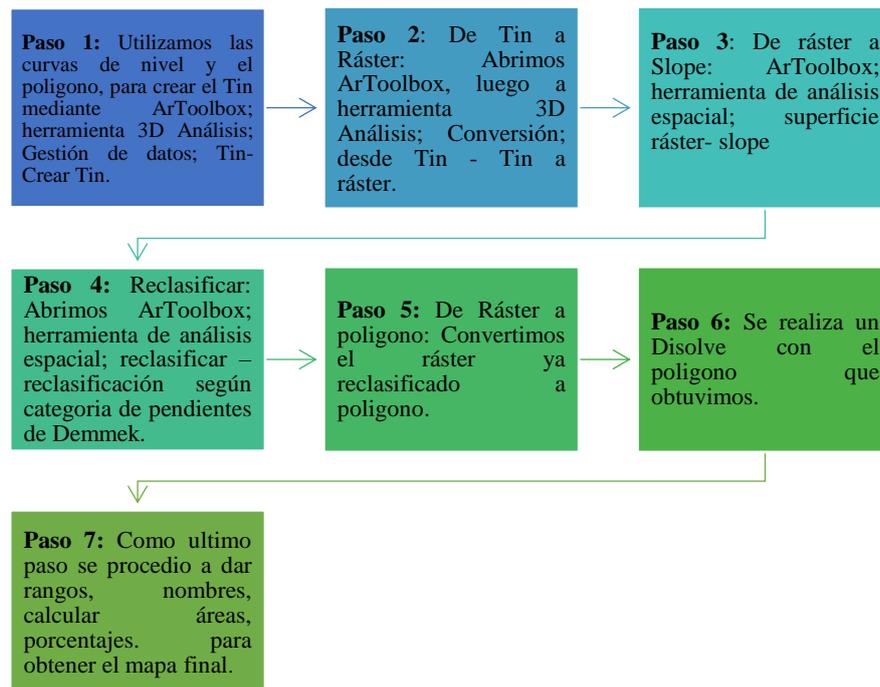


Figura 21. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de pendientes
Nota: Villafuerte L. (2023).

- Se elaboró un TIN en base a las curvas de nivel obtenidas: 3D Analyst Tools – Data Managemt – TIN – Create TIN.
- De TIN se lo convirtió a Ráster: 3D Analyst Tools – Conversion – From TIN – TIN to Ráster.
- Se elaboró las pendientes: Spatial Analyst Tools – Surface – Slope.
- Reclasificamos según Demmek 1972 (Ver Anexo 6): Spatial Analyst Tools – Reclass – Reclassify.
- El Ráster obtenido se lo transformó a polígono: Conversion Tools – From Ráster – Ráster 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 realizar el levantamiento geomorfológico, se utilizó como primer punto la topografía del sector a la escala estudiada 1:5000, con la ayuda del software ArcGIS 10.4 se elaboró el mapa de sombras en base al Modelo Digital de Elevación, utilizando la herramienta (Hillshape) y a su vez con la ortofoto se realizó el modelamiento 3D, que se aprecia de mejor manera las geoformas de la zona de estudio, aplicando sobre esto, la metodología de Clirsen (2012). (Ver Anexo 4)

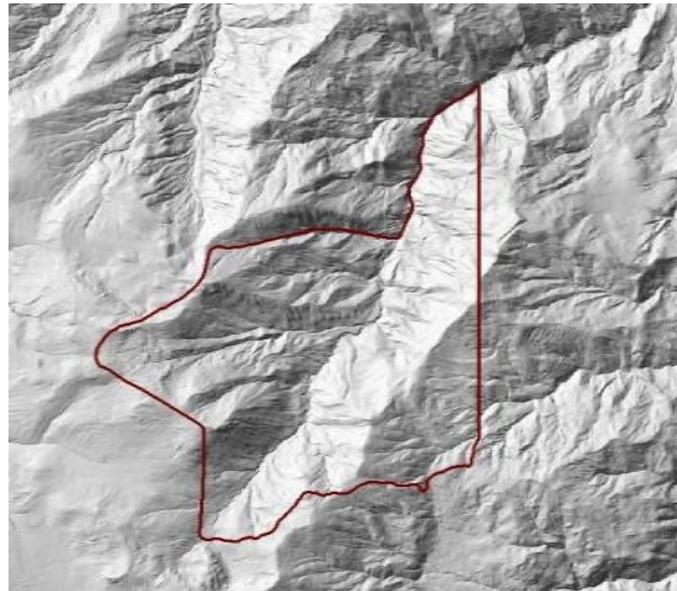


Figura 22. Hillshape de la zona de estudio

Nota: Villafuerte L. (2023).

Mediante la “Memoria técnica del cantón Saraguro” proyecto “LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25000, LOTE I Y II” del año 2015, se recopiló información de apoyo, que en conjunto con el mapa de sombras generado con la herramientas Hillshape, se lo obtuvo como referencia para la fotointerpretación de las unidades geomorfológicas del relieve estudiado a escala 1:5000, obteniendo el polígono de cada geoforma fotointerpretada (Ver Anexo 5), en donde han sido generadas y caracterizadas considerando las categorías de unidad genética, es decir su morfología o unidad geomorfológica, su morfogénesis y morfometría que hace referencia a su pendiente, desnivel relativo, esta última categoría se la generó con la ayuda del Arcscene.



Figura 23. Modelamiento 3D del área de estudio en Arcsene y Litología-drenaje.

Nota: Villafuerte L. (2023).



Fase de campo

Se procedió a levantar la información detallada de las geoformas mediante la ficha geomorfológica (Ver Anexo 3), encontradas 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. Geo-formas de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre y toma de puntos.

Nota: Villafuerte L. (2023).

Segunda fase de gabinete

Los datos obtenidos de cada deslizamiento 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 10.4 se corrobora y corrige los polígonos de la fase de gabinete obteniendo un shapefile final correspondiente con atributos como: génesis, forma de relieve, litología y pendiente, para así obtener el mapa final geomorfológico de la zona Oeste de la Parroquia de Selva Alegre 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 10.4, 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 realizó el recorrido en campo de toda la zona de estudio, obteniendo el registro fotográfico y los datos de cada sector correspondiente, con el fin de poder identificar la información levantada, haciendo el uso pertinente del Gps, consiguiendo una base de 150 puntos para el procesamiento de información mediante clasificación supervisada.



Figura 25. Pastizal y cultivos de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.
Nota: Villafuerte L. (2023).

Segunda fase de gabinete

Dentro de la clasificación supervisada, se realizó el proceso de categorización de píxeles, clasificado cada uno de los 150 puntos GPS obtenidos en la fase de campo, en función del uso de suelo observado.

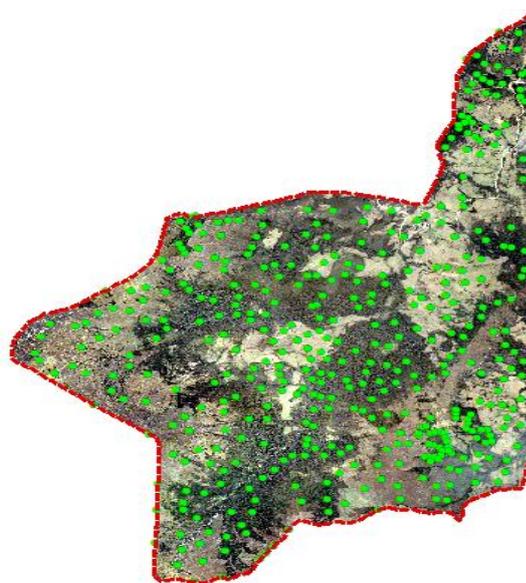


Figura 26. Nube de puntos Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Los puntos son clasificados en función de la tonalidad de las diferentes áreas, se construye 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:

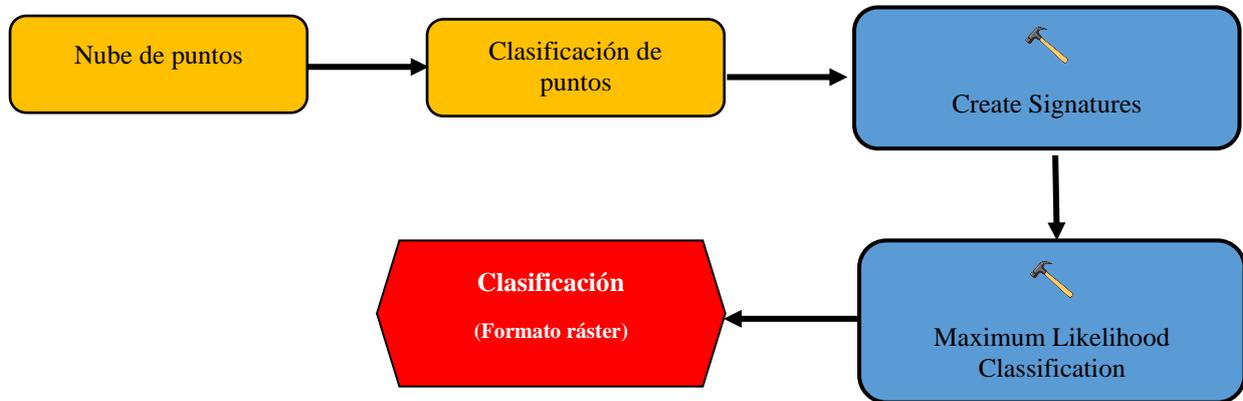


Figura 27. Model Builder para la elaboración del Uso Actual de Suelo
Nota: Villafuerte L. (2023).



Figura 28. Ráster preliminar de Uso de Suelo
Nota: Villafuerte L. (2023).

Los resultados finales, creados en el archivo resultante del paso anterior, se lo convierte en formato shapefile, para mejor manejo y procesamiento de las áreas, con el cual se logra reajustar en función de los tonos en los píxeles de cada cobertura de suelo que se generó, dando como resultado el producto final, cuyos polígonos se les otorgó tramados y colores para una correcta representación del Uso Actual del Suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.



Figura 29. Uso de suelo corregido de la Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Villafuerte L. (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 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 123 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 (Ver Anexo 2), 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



Figura 30. Levantamiento Geológico en campo

Nota: Villafuerte L. (2023).

Segunda fase de gabinete

Una vez obtenida la información en campo y a su vez la corroboración del mapa preliminar, se procesó la información obtenida, mediante una base de datos, luego transportadas al programa ArcGIS 10.4 para ser colocadas en la base topográfica, y se presentó el mapa final de las unidades litológicas de la Zona Oeste de la Parroquia de Selva Alegre, caracterizado por su litología cambiante del sector de estudio, así mismo la ubicación de datos topográficos.

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.

Las variables que se utilizaron para realizar el mapa de susceptibilidad, son las siguientes de acuerdo a su orden jerárquico:

-  Geología
-  Geomorfología
-  Pendientes
-  Uso Actual del suelo



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 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)**

Saaty en el año 1980, desarrollo el proceso de análisis jerárquico (AHP), se lo diseño para resolver, problemas de múltiple criterio, El (AHP) se encarga de realizar una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión, tratando directamente con pares que tienen un orden y una prioridad de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un criterio común o atributo 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.

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, calcular la media de los pesos para cada línea.



Tabla 8. Esquema del método de jerarquías analíticas para la asignación de pesos

Matriz de comparación por pares					
Factores	A	B	C	D	Vector principal
A	XAA	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 9.

Tabla 9. 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 10 mostrada a continuación se presenta un ejemplo de la valoración llevada a cabo en los resultados.

Tabla 10. Ejemplo de valoración

Uso de suelo						Ponderación	Pesos
	Pastizal	Vegetación Arbustiva	Plantaciones Forestales	Bosque Nativo			
Pastizal	1	1	2	3	1.75	0.36	
Vegetación Arbustiva	1.00	1	2	2	1.5	0.31	
Plantaciones Forestales	0.50	0.50	1	2	1	0.21	
Bosque Nativo	0.33	0.50	0.50	1	0.58	0.12	
				Total:	4.83	1	

Nota: Villafuerte L. (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.

El mapa de Susceptibilidad se lo elaboró de acuerdo a varias etapas en donde se realizó la suma ponderada con la herramienta (Weighted Sum) de las variables condicionantes como son; geomorfología, pendiente, geología, uso actual de suelo, estos factores se normalizaron y ponderados en relación a cada peso relativo, mediante la matriz de jerarquización Saaty.

Tabla 11. Valoración de las variables aplicadas

VARIABLES	Geomorfología	Geología	Pendiente	Uso de suelo	Ponderación	Pesos
Geomorfología	1	1	2	3	1.75	0.36
Geología	1	1	2	2	1.50	0.31
Pendiente	0,5	0,5	1	2	1.00	0.21
Uso actual de suelo	0,33	0,5	0,5	1	0.58	0.12
				Total:	4.83	1

Nota: Villafuerte L. (2023)

Luego se realiza una suma ponderada, con la cual se da paso a la multiplicación de los pesos obtenidos y la suma de los mismos, 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.

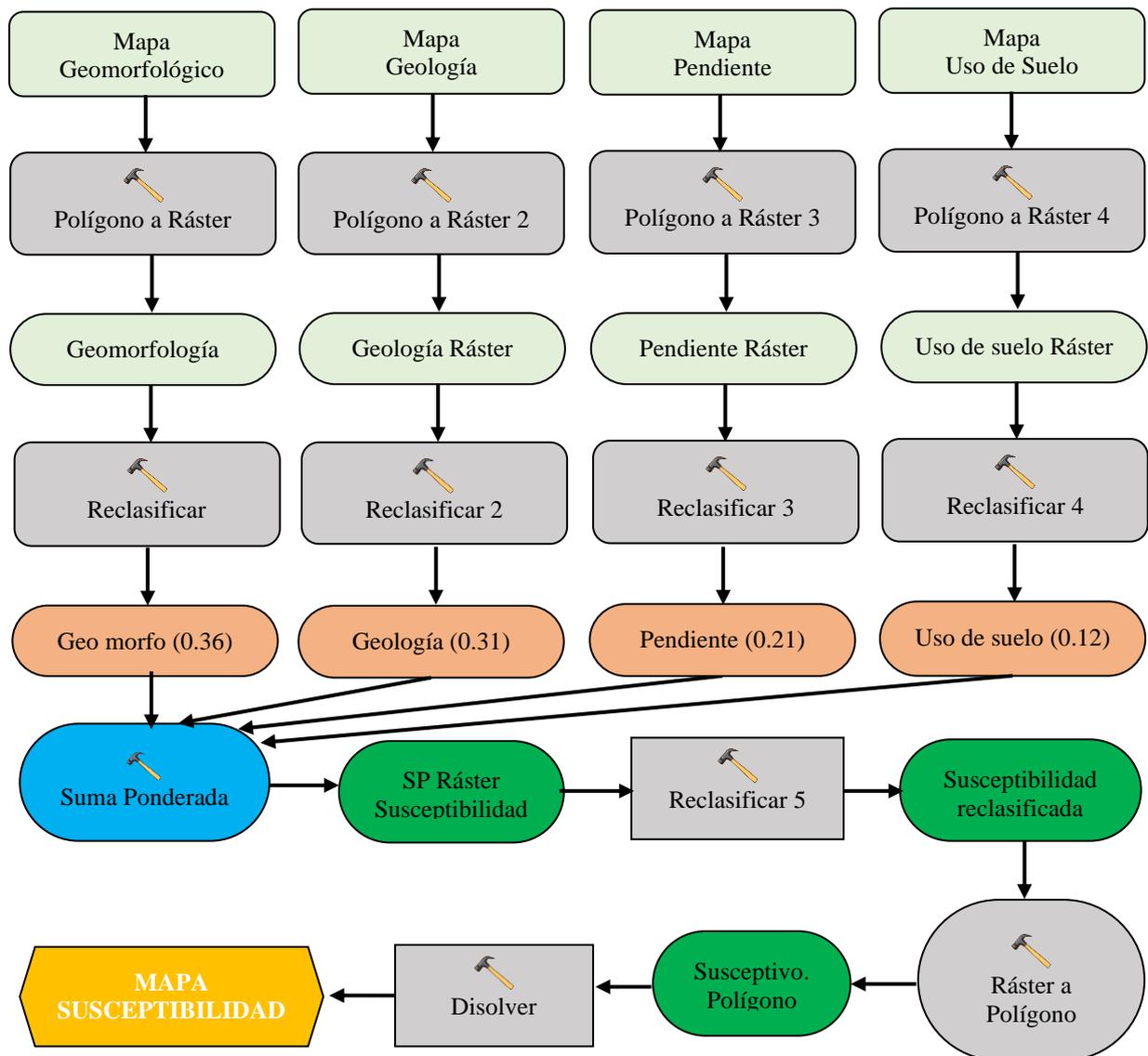


Figura 31. Model Builder para la obtención del Mapa de Susceptibilidad Final
Nota: Villafuerte L. (2023).

En el mapa de susceptibilidad se presentan las diferentes unidades que resultan ser las condicionadas por los deslizamientos en donde existe el rango de 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, los cuales han sido normalizados y ponderados en relación al peso relativo obtenido a través de la matriz de jerarquización analítica de Saaty.

Luego se realiza una reclasificación por el método de Weighted Sum, en 4 rangos, considerando el criterio dado por Sarkar y Kanungo (2004), realizando las modificaciones correspondientes de acuerdo a las características del área de estudio, mediante el software ArcGIS 10.4.



Tabla 12. 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 4 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 realiza la interpretación del mapa final, y se determina 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 que en el sitio de estudios están presentes.



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:

- Pendiente
- Geomorfología
- Uso de suelo
- Geología

6.1.1. Topografía

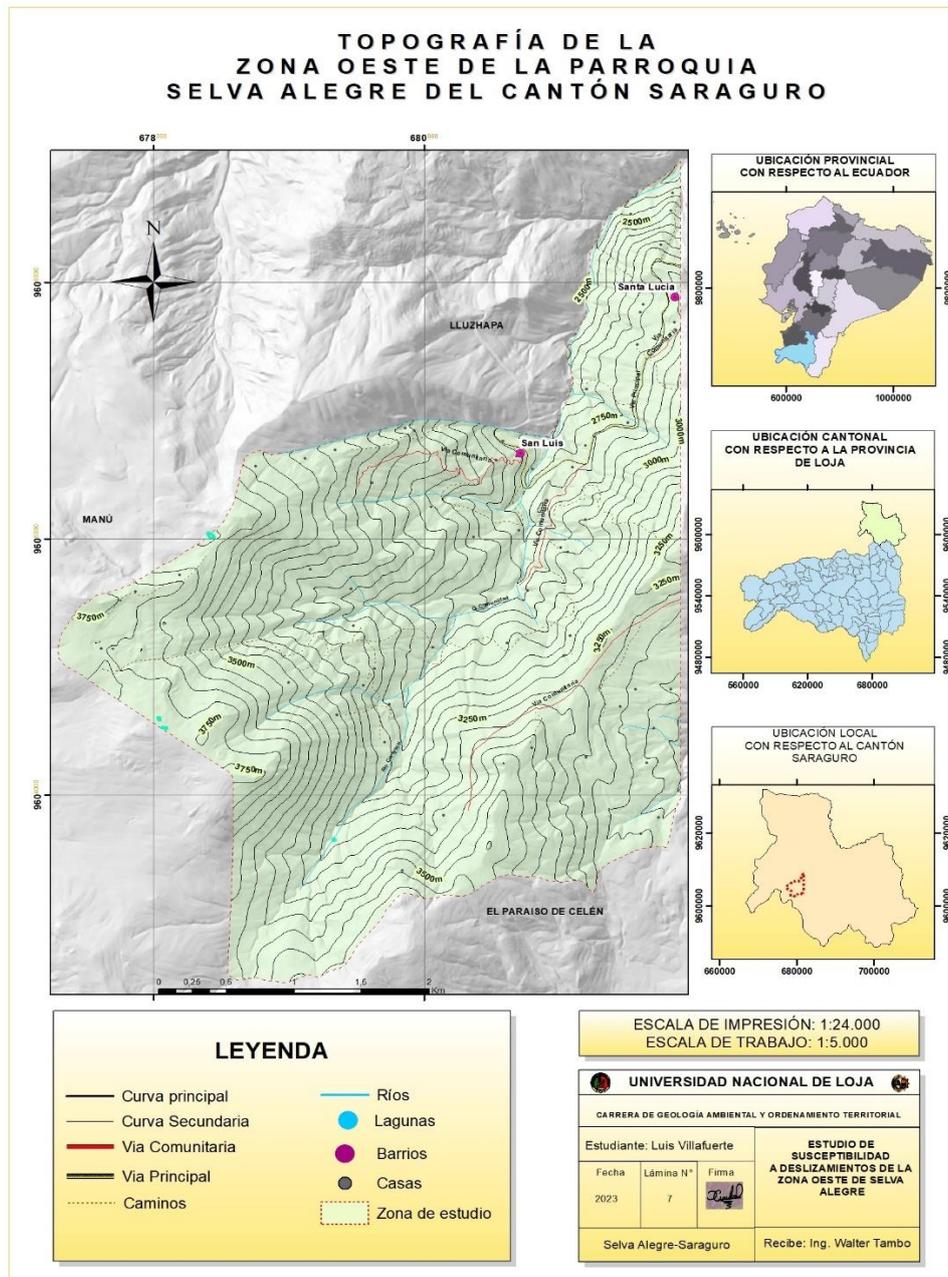


Figura 32. Mapa Topográfico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (2023).



El levantamiento topográfico de la zona de estudio, se lo obtuvo de la fotointerpretación de las fotografías aéreas otorgadas por el municipio y las curvas de nivel obtenidas del levantamiento; esta información fue procesada en el software ArcGIS 10.4, con esta base se obtuvo como resultado la red vial, caminos, ríos, barrios, infraestructura, cuerpos de agua.

La superficie total de trabajo es de 1505.46 ha, donde se evidencia que la cota mayor es de 3750 m s.n.m ubicada al Nor-Oeste de la zona de estudio y la cota más baja es de 2350 m s.n.m. ubicada al Nor-Este.

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

En el área de trabajo se determinó 2 comunidades las cuales son: San Luis ubicada al Norte y Santa Lucía ubicada al Noreste de la zona de estudio y asentamientos irregulares en toda la zona estudiada, la red hídrica tiene una longitud de 4.99 km, los caminos tiene una longitud de 1.21 km y la red vial tiene una longitud de 9km. (Ver Anexo 10).



6.1.2. Pendientes

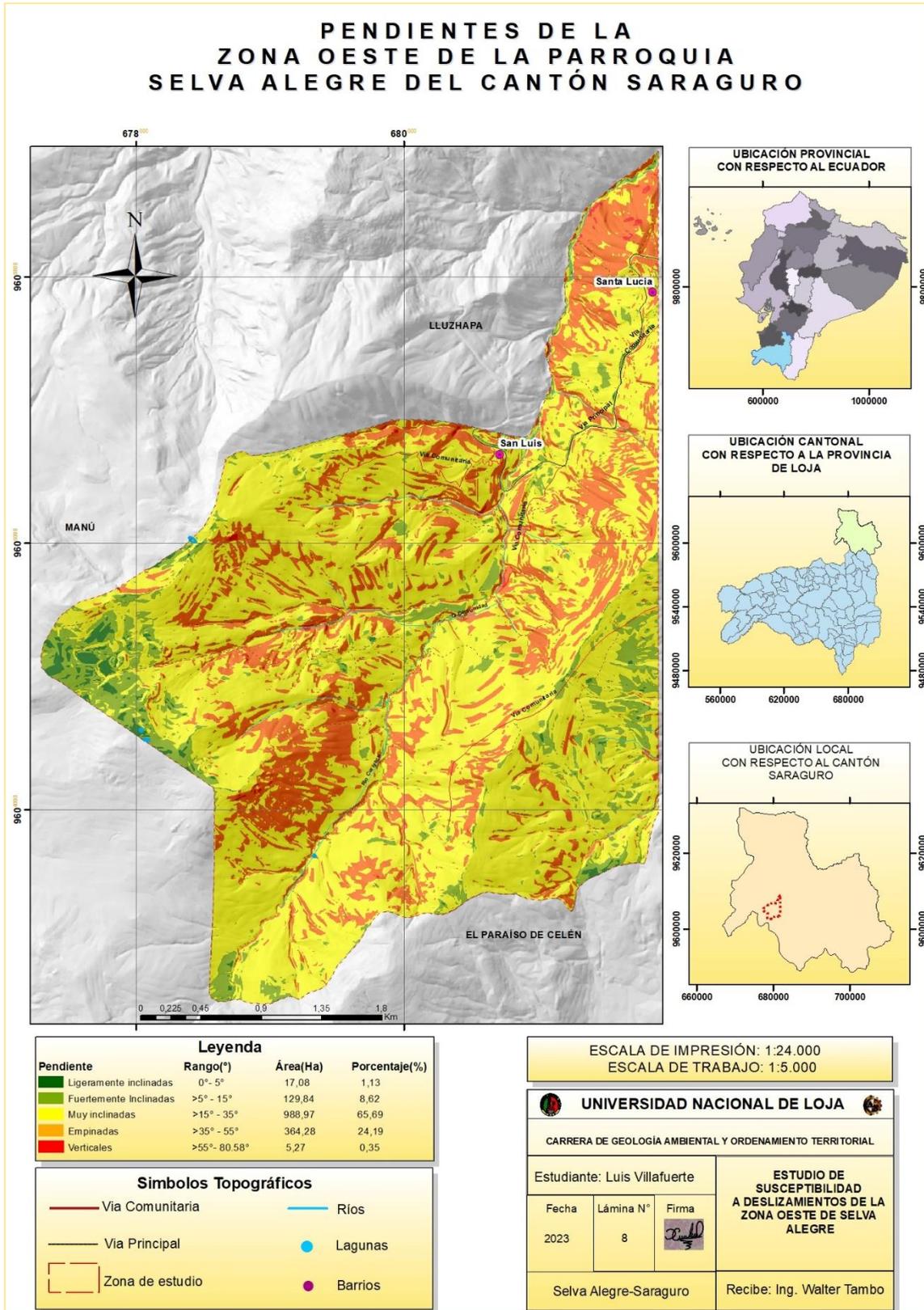


Figura 33. Mapa de Pendientes de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (2023).



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 13. Pendientes de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.

Pendiente	Rango (°)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Ligeramente Inclinadas	0°-5°	17.08	1.13
Fuertemente Inclinadas	5°-15°	129,84	8.62
Muy Inclinadas	15°-35°	988.97	65.69
Empinadas	35°-55°	364.28	24.19
Verticales	>55°-80.58°	5.27	0.35

Nota: Villafuerte L. (2023).

Una vez obtenido las curvas de nivel y a su vez generado el modelo de elevación digital, se obtuvo el mapa de pendientes en grados, mediante la metodología por Demmek (1972).

Las pendientes fuertemente inclinadas en la zona de estudio se extienden desde Nor-Este hacia Sur-Oeste, siguiendo el cauce del río Curiyacu, otra extensión de terreno de estas pendientes fuertemente inclinadas se encuentra ubicadas en las zonas Nor-Oeste y Sur-Este, equivalente al 8.62 %, corresponde a 129.84 Ha. En la categoría de pendientes ligeramente inclinadas corresponde a 17.08 Ha, dispersándose en su gran mayoría en la zona Nor-Oeste, dando como resultado un porcentaje de 1.13 %.

En la zona de estudio se obtuvo como resultado con un 65.69 % correspondiente a terrenos con pendientes muy inclinadas abarca una superficie de 988.97 Ha, la cual se encuentra ubicada en casi toda su totalidad del área estudiada.

Las pendientes empinadas con un porcentaje de un 24.19% siendo la segunda con mayor porcentaje en la zona de estudio, se encuentran ubicadas en un 85% de la totalidad de la zona de estudio, su extensión de terreno es de 364.28 Ha.

Las pendientes verticales que van desde >55°- 80.58° es la categoría que menos porcentaje tiene con un 0.35 % se encuentra ubicada en zonas Nor-Este y Nor-Oeste en su gran mayoría, su extensión es de 5.27 Ha. (Ver Anexo 11).



6.1.3. Geomorfología

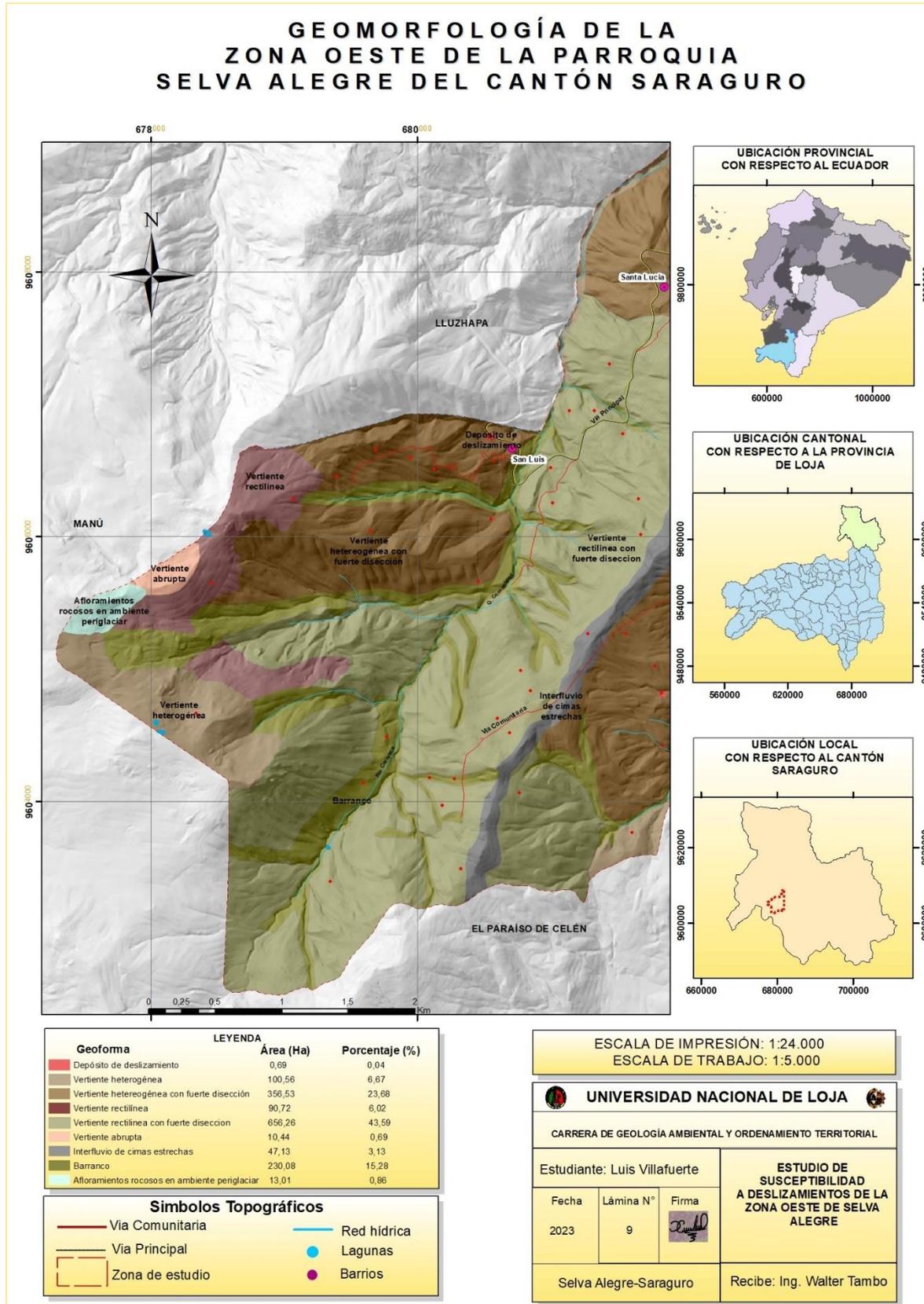


Figura 34. Mapa Geomorfológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (2023).



Con toda la data recolectada en campo y con la ayuda de la fotointerpretación y memoria técnica geomorfológica, se obtuvo las siguientes geoformas de la zona de estudio (Ver Anexo 12), las mismas que se detallan en la tabla 14 a continuación:

Tabla 14. Geomorfología de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Geoformas	Pendiente (°)	Desnivel Relativo (m)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Depósito dedeslizamiento (Dlz)	>40°-70°	>300 m	0.69	0.04
Vertiente Heterogénea (LhI)	>12°- 70°	>100 m	100.56	6.67
Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)	>25°-70°	>200 m	356.53	23.68
Vertiente rectilínea (Lr1)	40°-70°	50-300m	90.72	6.02
Vertiente rectilíneacon fuerte Disección (Lr2)	40-70°	>100 m	656.26	42.59
Vertiente Abrupta (LaI)	70-100°	>100 m	10.44	0.69
Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)	25-70%	>100m	47,13	3.13
Barranco (E2)	>40°-70°	300 m	230.08	15.28
Afloramientos rocosos en ambiente periglaciár (Gp3)	25°-70°	25 - 200m	13.01	0.86

Nota: Villafuerte L. (2023).

Depósito de deslizamiento

En la tabla 15, se observan los deslizamientos más representativos encontrados en la zona de estudio.

Tabla 15. Deslizamientos de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Deslizamientos	X(m)	Y(m)	Z (msnm)	Área(m ²)
1	680407,94	9604175,07	3346,1	139,46
2	680352,05	9604263,03	3357,1	114,17
3	680481,98	9604470,01	3342,1	538,29
4	681834,58	9604770,72	3099,2	1519,85
5	680557,21	9606773,68	2821,4	3461,59
6	680577,93	9606213,85	2836,3	565,15
7	681573,69	9606932,33	2822,3	331,77
8	681764,01	9607604,01	2815,2	492,22
9	681191,23	9606584,01	2790,2	114,40
10	681202,22	9606638,65	2789,1	64,26

Nota: Villafuerte L. (2023).

Para objeto de estudio, a continuación, se describen los deslizamientos más importantes; que brindan la información completa, debido a sus características encontradas en el campo.



➤ **Deslizamiento No. 01**



Figura 35. Deslizamiento 01
Nota: Villafuerte, L. (2023).

Deslizamiento traslacional ubicado en las coordenadas (x: 680407,94 m y: 9604175,07 m y z: 3342 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 arcillas de coloración amarillenta y andesitas altamente fisuras distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 20 m y el ancho promedio del deslizamiento es de $30 \pm$ 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. 2**

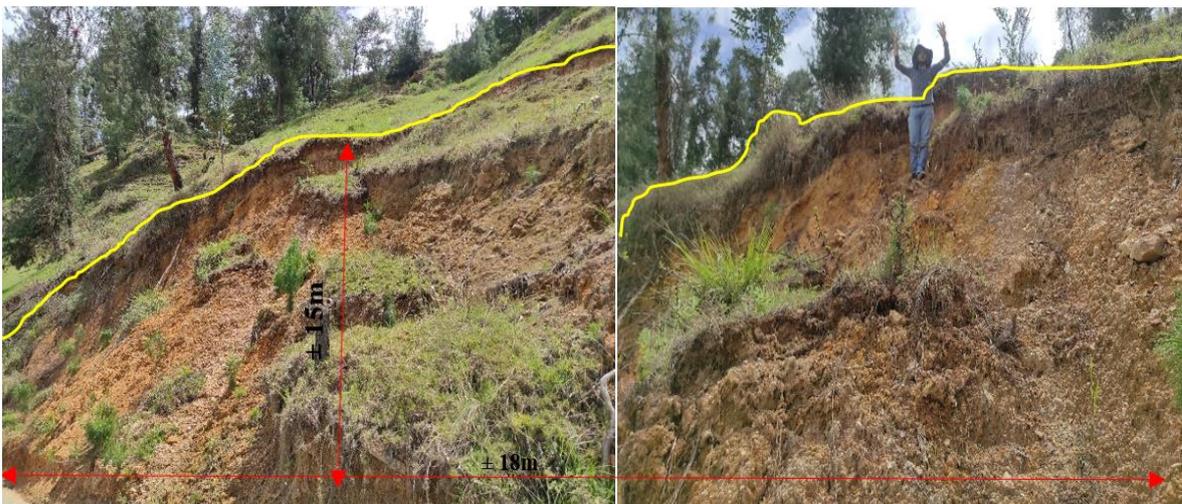


Figura 36. Deslizamiento 02
Nota: Villafuerte L. (2023).



Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al SE, ubicada en las coordenadas (x: 680352.05 m, y: 9604263.03 m y z: 3357 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 gravas no graduada con limos y material orgánico, con alto grado de oxidación, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 15 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. 3**

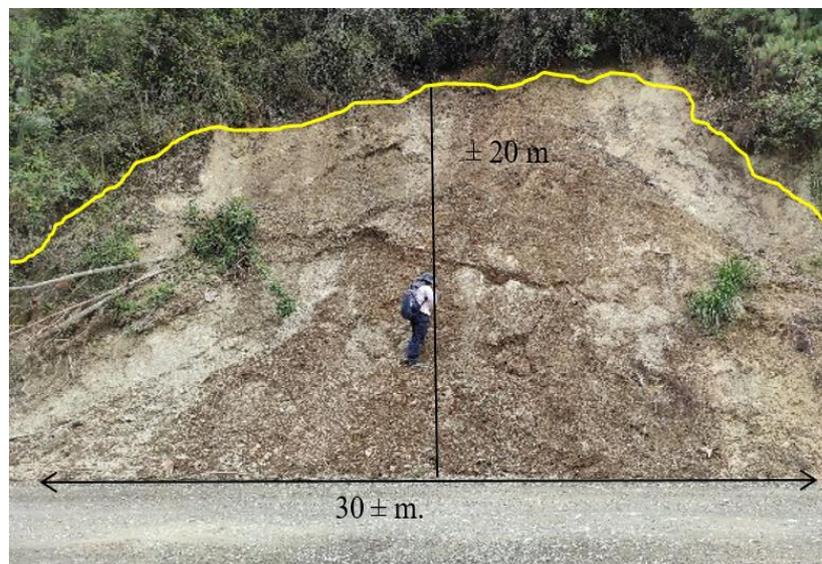


Figura 37. Deslizamiento 03
Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al NW, ubicada en las coordenadas (x: 680481.98 m, y: 9604470.01 m y z: 3342 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 altamente fisuras y arcillas de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 20 m y el ancho promedio del deslizamiento es de $30 \pm$ 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. 4**



Figura 38. Deslizamiento 04

Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al SE, ubicada en las coordenadas (x: 681834.58 m, y: 9604770.72 m y z: 3342 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 limos arcillosos de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 45 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 10 m. El principal factor disipador del deslizamiento son las construcciones, el daño ocasionado no es visible y tampoco posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 5**



Figura 39. Deslizamiento 05

Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al NE, ubicada en las coordenadas (x: 680557.21 m, y: 606773.68 m y z: 3021 m.s.n.m.)



Con un mecanismo de evento múltiple y rápido, 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 ± 50 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. 6**

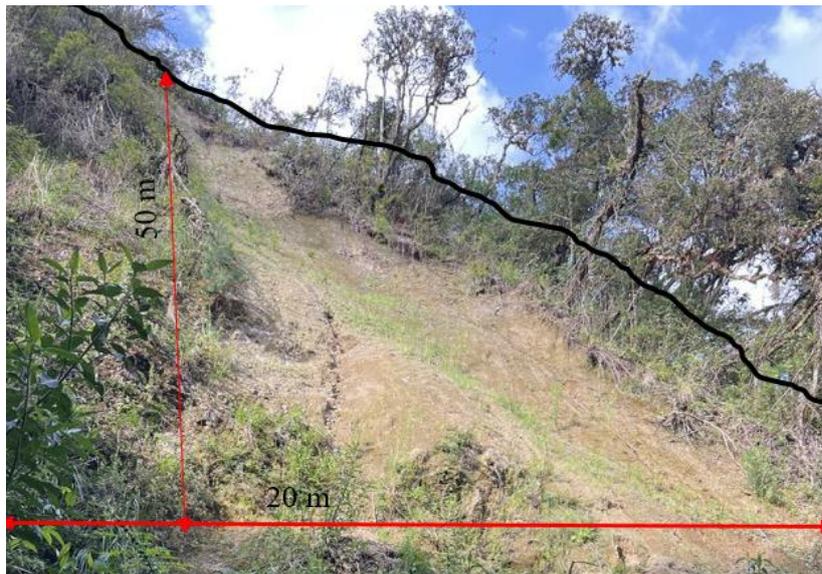


Figura 40. Deslizamiento 06

Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al SE, ubicada en las coordenadas x;680577.93 m, y;9606213.85 m y z;2836 m s.n.m).

Con un mecanismo de evento sencillo y rápido, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada tiene forma de flujo con una litología que se constituye principalmente de material arcilloso con un alto grado de meteorización de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 50 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 20 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. 7**



Figura 41. Deslizamiento 7

Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al NW, ubicada en las coordenadas (x: 681573.69, y: 9606932.33 y z: 2822 m s.n.m). Con un mecanismo de evento sencillo y rápido, tiene un estado de actividad latente, el estado de la masa desplazada tiene forma de flujo, con una litología que se constituye principalmente andesita meteorizada fracturada, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 60 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 80 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. 8**



Figura 42. Deslizamiento 8

Nota: Villafuerte L. (2023).



Deslizamiento traslacional con dirección del movimiento al SE, ubicada en las coordenadas (x: 681764.00, y: 9607604.00 y z: 2815 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 y arcillas de coloración amarillenta, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 40 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 70 m.

El principal factor disipador del deslizamiento es la lluvia, el daño ocasionado no es visible y tampoco posee ninguna medida de estabilización.

➤ **Deslizamiento No. 9**

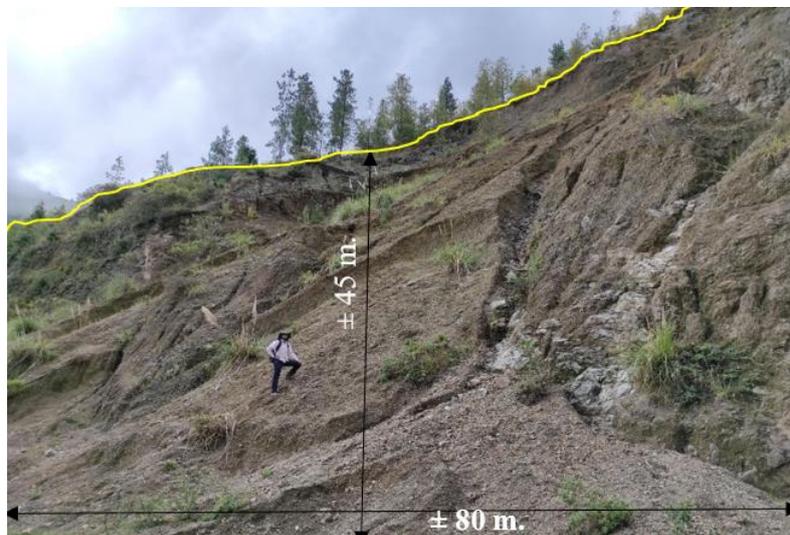


Figura 43. Deslizamiento 9
Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento rotacional con dirección de movimiento SE, ubicada en las coordenadas (x: 681191.23 m, y: 9606584.01 m y Z: 2790 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 intacta con una litología que se constituye principalmente de arcillas con gravas no graduadas, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 80 m y el ancho promedio del deslizamiento es de ± 45 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**

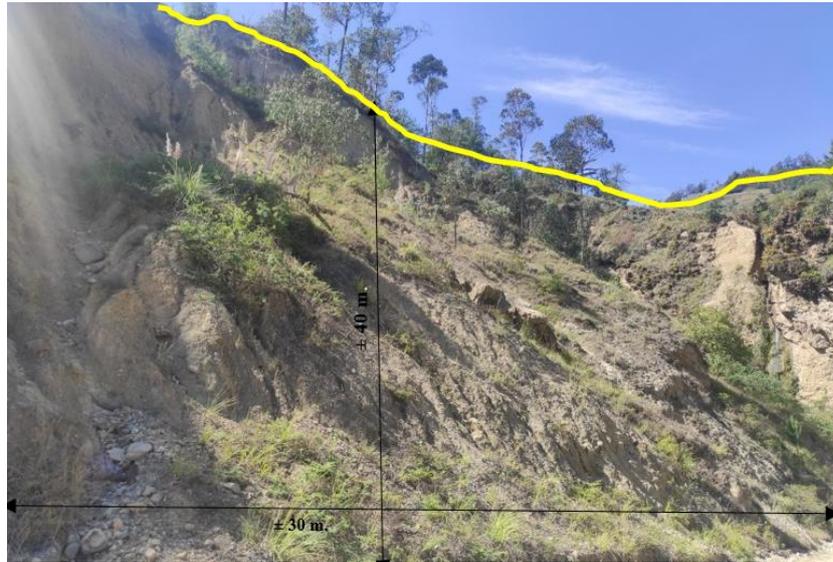


Figura 44. Deslizamiento 10

Nota: Villafuerte L. (2023).

Deslizamiento traslacional con dirección de movimiento SE, ubicada en las coordenadas (x: 681202.22 m, y: 9606638,65 m y z: 2789 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 limos arcillosos con gravas no graduadas, la distancia promedio desde el escarpe hasta la base es de ± 40 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 áreas de cultivos y no posee ninguna medida de estabilización.

Origen: Laderas

Vertiente heterogénea: Se encuentran en los extremos norte, sur y oeste de la zona de estudio consta de un área de 100.56 Ha y porcentaje de 6.67%, son laderas de perfil mixto o irregular, con longitudes de moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 m).

Las pendientes oscilan de 12 al 70%, los desniveles relativos generalmente mayores de 100 metros, aunque en la mayoría de 50 metros. En los paisajes glaciares se tiene solo desniveles de 50 a 100 metros. La litología se relaciona como la formación Saraguro.



Figura 45. Vertiente Heterogénea– Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Vertiente heterogénea con fuerte disección: Se presenta en gran parte del territorio mayormente en el extremo norte, siendo menor al sureste con un área de 356.53 Ha y un porcentaje de 23.68%. Se encuentran desarrolladas sobre la formación Saraguro en todos los contextos excepto en los relieves de los márgenes de cimas frías, y el conjunto intrusivo compuesto por granito, granodiorita, tonalita y diorita.

Se dan pendientes de media a muy inclinadas (de 25 a 70%), un desnivel mayor de 200 metros y vertientes de longitud muy larga (superior a 500 m) con forma irregular o mixta. En los relieves de fondo se tiene además pendientes medias, desnivel de 100 a 200 metros y vertientes moderadamente largas (de 50 a 250 metros); este mismo desnivel se da también en los relieves de los márgenes de cimas frías y vertientes y relieves superiores.



Figura 46. Vertiente heterogénea con fuerte disección
Nota: Villafuerte L. (2023).

Vertiente rectilínea: Al noroeste se encuentra esta geoforma con un área de 90.72 Ha. y porcentaje de 6.02% donde las pendientes van de medias a fuertes (de 12 a 70%), con un desnivel relativo muy variable, de 50 a más de 300 metros, con una longitud de vertiente desde 50 a más de 500 metros, presentan formas rectilíneas. Se presenta generalmente en la formación Saraguro en todos los contextos. Conforme lo observado en campo se han identificado en el contexto vertientes y relieves inferiores, tobas graníticas.



Figura 47. Vertiente rectilínea – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Vertiente rectilínea con fuerte disección: Se emplaza en gran proporción a lo largo de la zona céntrica del área de estudio, consta de 656.26 ha y un porcentaje de 42.59 %, el cual está sobre materiales volcánicos antiguos, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).



Presenta una fuerte disección que se desarrolla sobre varias litologías descritas conforme la localización geográfica.

Las vertientes tienen una pendiente más o menos constante, de fuerte inclinación (de 40 a 70%) y una forma de vertiente rectilínea. El desnivel se encuentra, mayor de 100 metros y en muy pocos casos los desniveles van de 25 a 100 metros.



Figura 48. Vertiente rectilínea con fuerte disección – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Vertiente abrupta: Esta geoforma se localiza al noroeste, consta de un área de 10.44 ha y un porcentaje de 0.69%, existiendo una ladera con pendiente muy fuerte (de 70 a 100%), con desnivel relativo de más de 100 metros y su forma de vertiente rectilínea. Las vertientes abruptas conformadas sobre la Formación Saraguro. Se tiene una vertiente con una longitud de moderada a muy larga (de 50 a más de 500 m).



Figura 49. Vertiente abrupta – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Origen: Fluvial

Barranco: Se presenta en cualquier tipo de litología de acuerdo a cada zona de estudio, está ubicada por lo general en los cursos altos de los ríos y quebrada, sus pendientes son de (40 a 70 %) en algunos casos llegan hasta 100%, también en valles en forma de V, en paisajes glaciares y vertientes.

Esta geoforma se encuentra ubicada en su gran mayoría en toda la zona de estudio, exactamente en el trayecto de los ríos y quebradas, consta de un área de 230.08 Ha y con un porcentaje de 15.28%.



Figura 50. Barranco – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Origen: Glaciar y Periglacial Volcánico

Afloramientos rocosos en ambiente periglacial Están ubicados en el sector occidental del cantón, dentro de dos distintos contextos morfológicos, sobre la Formación Saraguro, con poca presencia de suelo, en pendientes de media a fuerte hasta fuerte (de 25 a 70%). Tienen un desnivel desde 25 a 200 metros y vertientes moderadamente largas a muy largas (de 50 a 500 metros) con formas irregulares o cóncavas, consta de un área de 13.01 ha y con un porcentaje de 0.86%.



Figura 51. Afloramiento - Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Origen: Poligénica

Interfluvio de cimas estrechas: Se presenta al sureste de la zona de estudio con un porcentaje de 3.13% y área de 47.13 ha, está sobre la formación Saraguro se desarrollan principalmente sobre un conjunto intrusivo constituido por granito, granodiorita, tonalita y diorita, se la encuentra en forma de cima aguda, con pendientes de media a fuerte hasta fuerte (de 25 a 70%).



Figura 52. Interfluvio de cimas estrechas – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



6.1.4. Uso de suelo

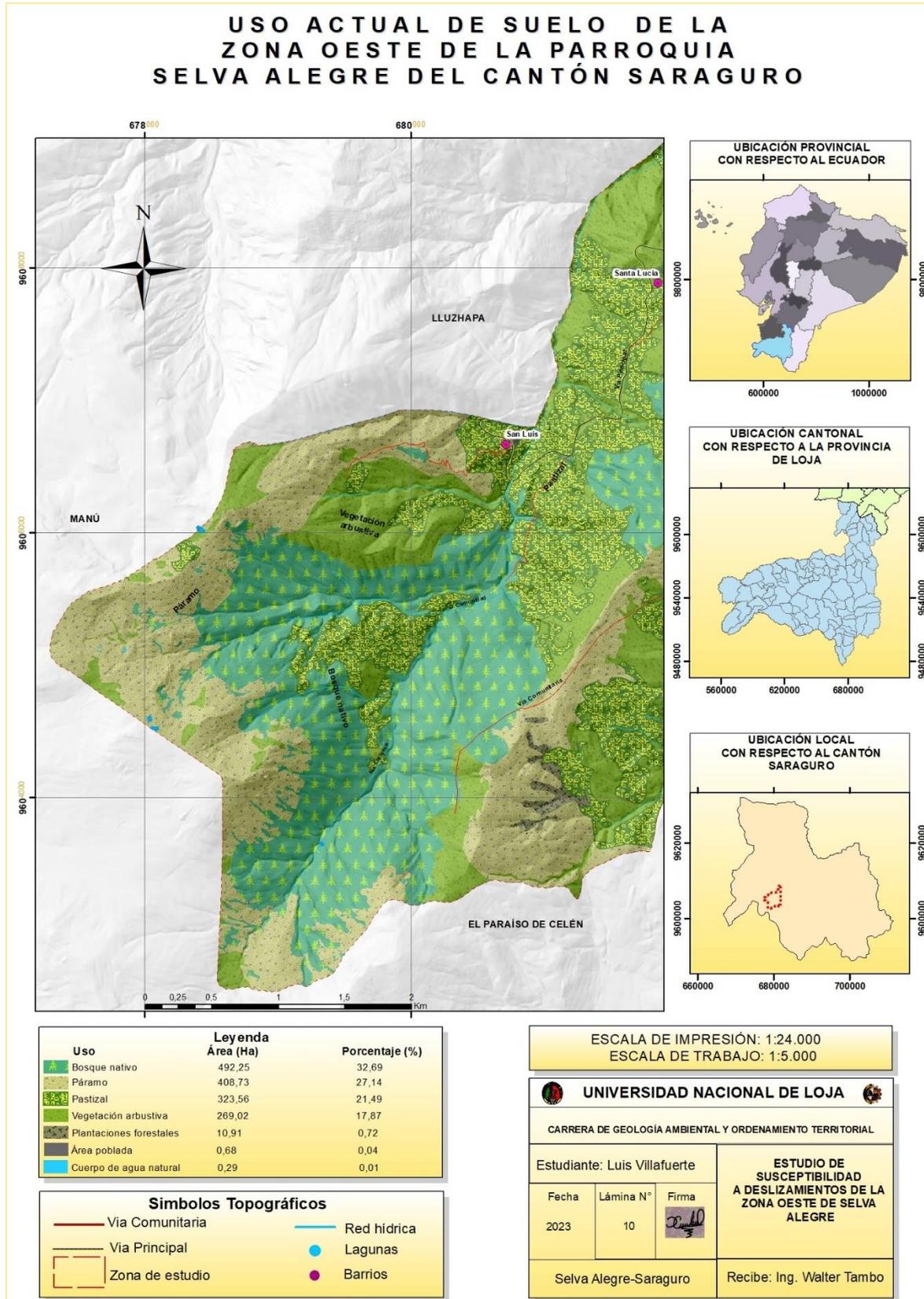


Figura 53. Mapa de Uso de Suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre
Nota: Villafuerte L. (2023).



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 16. Uso de suelo de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Uso actual de suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Páramo	408.73	27.14
Pastizal	323.57	21.49
Bosque nativo	492.25	32.69
Plantaciones forestales	10.91	0.72
Vegetación arbustiva	269.02	17.87
Área poblada	0.68	0.04
Cuerpos de agua natural	0.29	0.01

Nota: Villafuerte L. (2023).

Dando, así como resultado 6 clases, la cual se caracterizan en lo siguiente

Páramo: La zona de estudio se caracteriza por una gran extensión de páramo, que se encuentra ubicada en dos secciones, en todo el margen Nor-Oeste y Sur-Oeste de la zona de estudio, y en la parte sur-este, con un área de 408.73 ha y un porcentaje de 27.14%

Bosque Nativo: El bosque nativo de la zona estudiada es caracterizado por recibir gran cantidad de precipitaciones que se dan en varias épocas del año, a su vez los moradores de los diferentes barrios ocupan la madera con la finalidad de aprovechar este recurso para su beneficio propio, se encuentra ubicado en su gran mayoría en la parte central y Suroeste de la zona de estudio, en poca extensión en la zona noreste, su área es de 492.25 ha y su porcentaje es de 32.69%.

Pastizal: Constan con un porcentaje de 21.49% se extienden en diferentes zonas, como son: parte central, noreste y sur-este de la zona de estudio, se encuentran cerca de los barrios San Luis y Santa Lucía y son utilizados para fines agropecuarios y agrícolas, constan de un área de 323.57Ha.

Vegetación arbustiva: Se encuentra ubicado en las zonas noreste, noreste y sureste del área de estudio, arbustos de diferentes dimensiones varían desde los 3 a 6 m de altura y muy frondosos, constan de un área de 269.02 ha con un porcentaje de 17.87%

Plantaciones Forestales: Este tipo de uso de suelo se encuentra ubicado en la parte Suroeste de la zona estudiada, con una dimensión de 10.91 ha y un porcentaje de 0.72%.

Área poblada: Correspondiente al área poblada están encasilladas las zonas con viviendas, que se encuentran en el Barrio San Luis y Santa Lucía en la parte noreste, en su gran mayoría las viviendas son muy dispersas, consta de un área de 0.68% con un porcentaje de 0.04%



Cuerpos de agua natural: La zona de estudio presencia cuerpos de agua natural o lagunas las cuales son nacientes que son aprovechadas para diferentes fines, como ganadería, agricultura y atractivo turístico, se encuentran en la zona Noroeste tiene un área de 0.29 ha y un porcentaje de 0.01%. (Ver Anexo 11)



6.1.5. Geología local

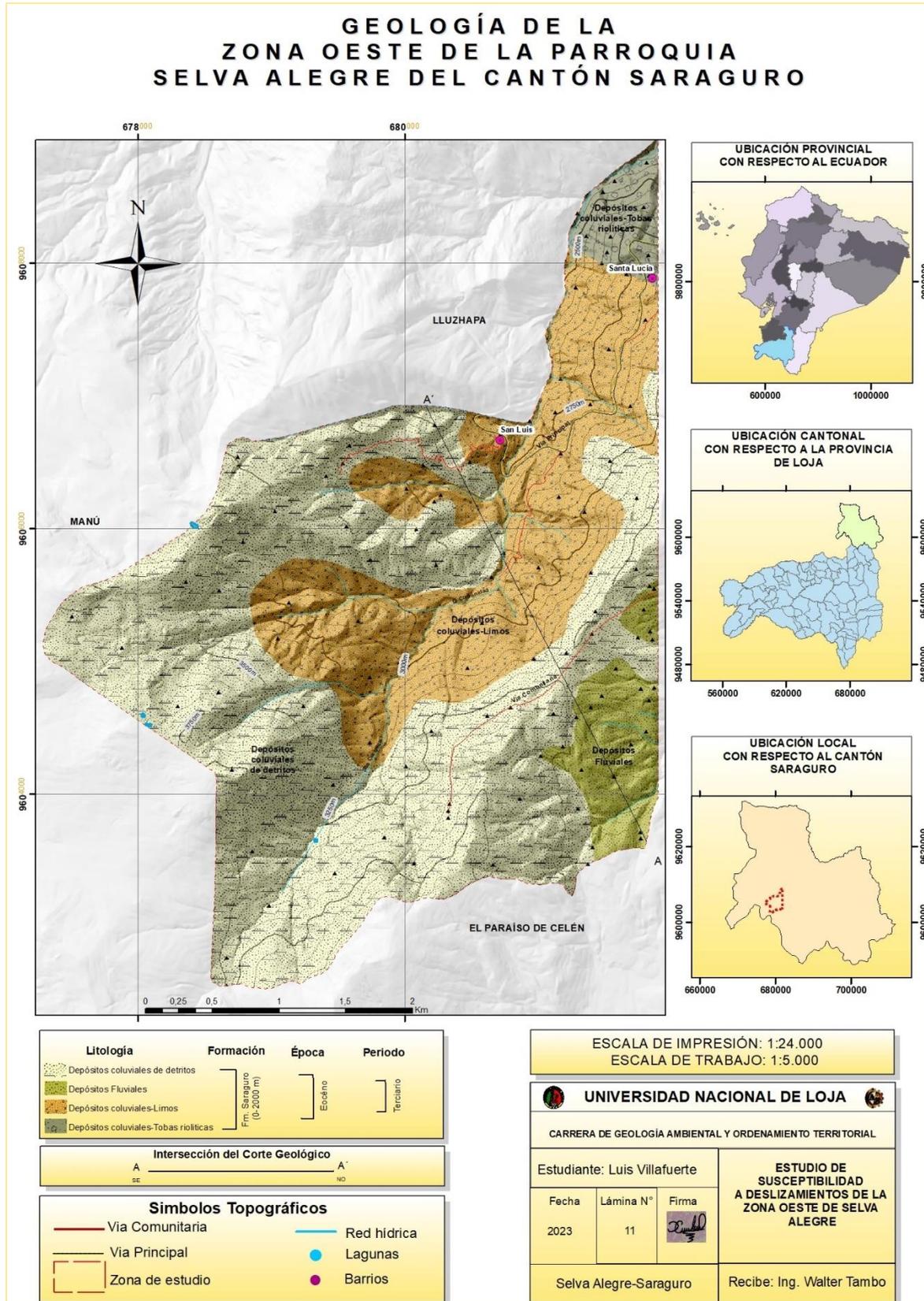


Figura 54. Mapa Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Villafuerte L. (2023).



En principio, se ubica como basamento de rocas de origen intrusivo inferido conformado por basaltos, seguidamente sobreyace los depósitos fluviales resultado de acumulaciones que resultan por la acción del agua de un río o quebrada, indicándose la influencia de la quebrada sin nombre o quebrada Shikin, conformadas de rocas volcánicas y rocas sedimentarias. Posteriormente sobreyacen los depósitos coluviales de detritos que son producto de la acumulación in situ de los macizos rocosos conformado por material piroclástico en una matriz limo arcillosa, finalmente 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).

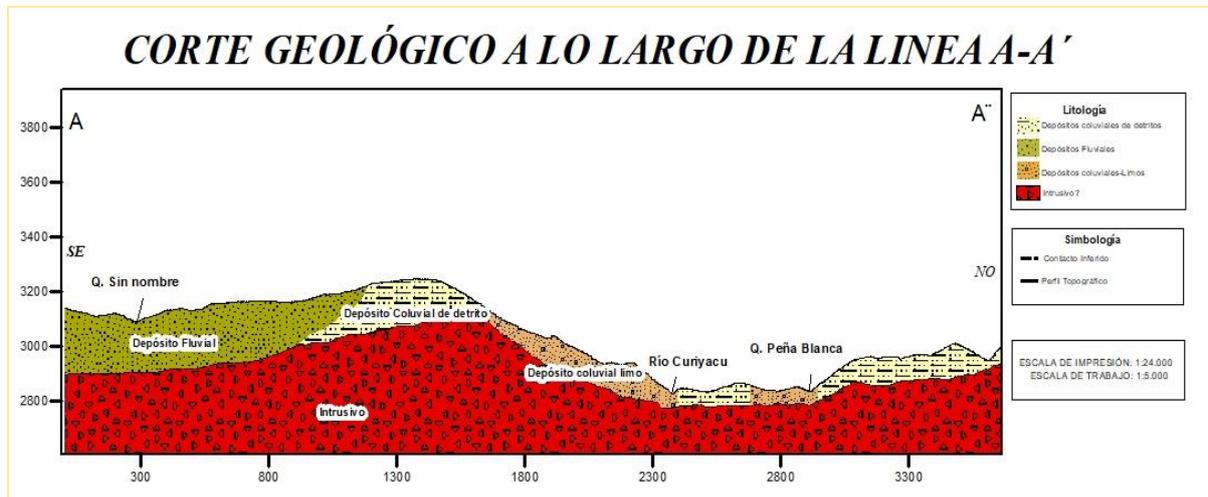


Figura 55. Corte Geológico de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Villafuerte L. (2023).

Una vez levantada toda la información en campo, se constataron depósitos coluviales de detritos y limos, a su vez depósitos coluviales de tobas riolíticas, se evidenciaron de igual manera depósitos fluviales abarcadas en la formación Saraguro.

Tabla 17. Litologías de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Geología local	Área (ha)	Porcentaje (%)
Depósitos Coluviales de detritos	930.38	61,80
Depósitos Coluviales-Limos	438.50	29,12
Depósitos Coluviales-tobas riolíticas	46,75	3,10
Depósitos Fluviales	89,82	5,96

Nota: Villafuerte L. (2023).



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

Depósitos coluviales de detritos

Estos materiales se encuentran depositados en la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre en las colinas del cerro Cruz Loma, los mismos que pertenecen a la formación Saraguro el detalle de estos materiales se describen en los siguientes afloramientos.

En la zona Sur-Oeste del área estudiada se encuentra el afloramiento N° 1 ubicado en las coordenadas (x: 682262.98m y: 9606965.16m), su litología de este afloramiento consta de material limo arcilloso como matriz cementante y material piro clástico de diferente diámetro, las dimensiones son: ancho $\pm 100\text{m}$ y una altura de $\pm 5\text{m}$, afloramiento de origen antrópico ocasionado por la construcción de la vía.

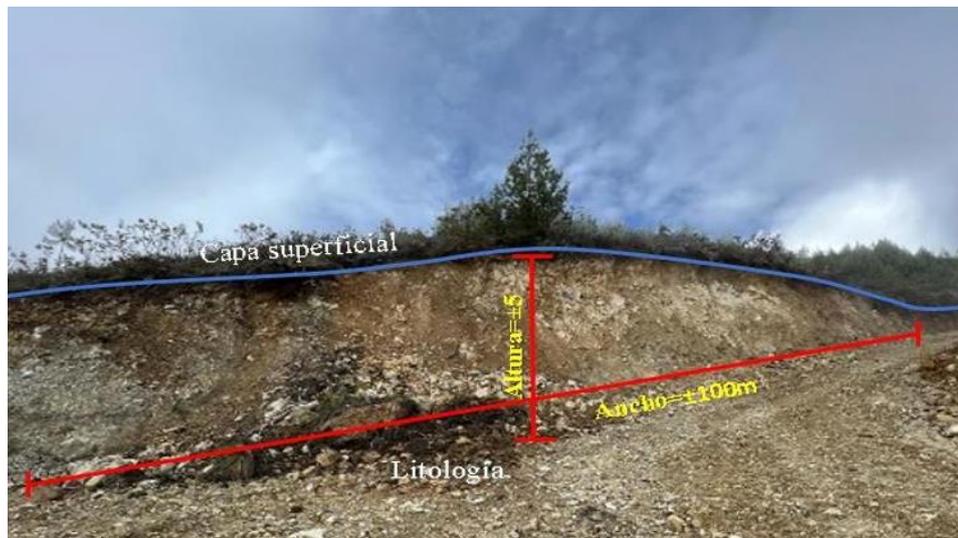


Figura 56. Afloramiento 1 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

En el afloramiento N°2 ubicado en las coordenadas (x: 680792.24m, y: 9604656.88m) encontramos una litología predominante de material detrito con un 97 % y en la parte superficial suelo orgánico de coloración negra, el tamaño del afloramiento es de $\pm 33\text{m}$ de longitud y $\pm 9\text{m}$ de altura.



Figura 57. Afloramiento 2 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Figura 58. Afloramiento 3 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023)

En el afloramiento N° 3 ubicado en las coordenadas (x: 680335.46 m, y: 9603925.94 m) está conformado por dos estratos en la superficie, un suelo orgánico de coloración negra seguido de material detrítico con matriz limoso, con cierta oxidación ferrosa, con las siguientes dimensiones ancho $\pm 14\text{m}$ y una altura de $\pm 2\text{m}$, afloramiento de origen antrópico.

Afloramiento N°6 ubicado en las coordenadas (x: 681400.01 m y: 9605207 m). Con las siguientes dimensiones ancho $\pm 25\text{m}$ y una altura de $\pm 4\text{m}$. Este afloramiento es de origen antrópico ocasionado por la construcción de la vía, con sus datos estructurales de rumbo= S 13° W y un buzamiento de 35° SE. La litología de este afloramiento es principalmente de rocas ígneas tipo granodioritas medianamente meteorizadas, la vegetación es arbustiva con presencia de suelo orgánico y lutitas alteradas.

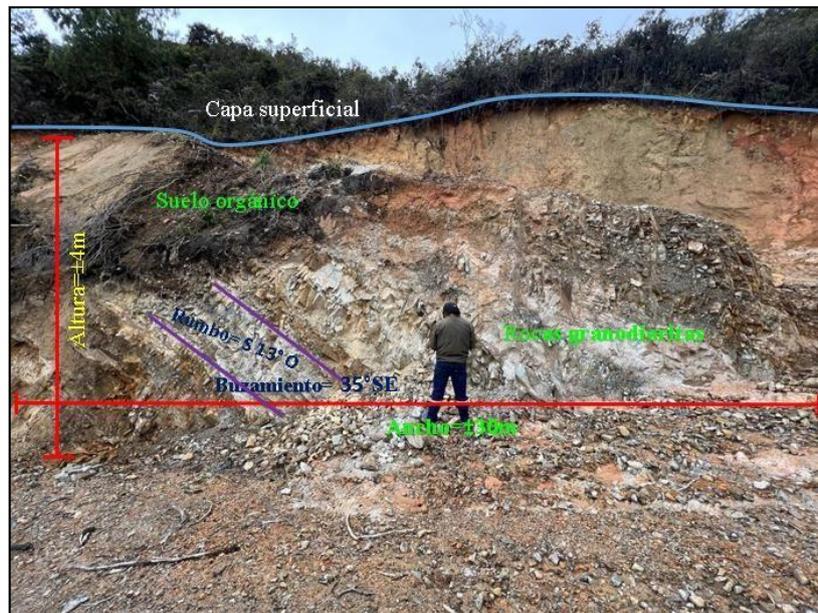


Figura 59. Afloramiento 6 – Zona Oeste

Nota: Villafuerte L. (2023).



Figura 60. Roca granodiorita del afloramiento 6

Nota: Villafuerte L. (2023)

Depósitos coluviales limos

Se encuentran depositados en la zona Noroeste de la parroquia Selva Alegre específicamente en las comunidades de Carapalí, La Esperanza y la zona urbana de la parroquia Selva alegre ocupando un área de 438.50 ha, con un porcentaje de 29.17(%)



Figura 61. Afloramiento 7– Zona Oeste

Nota: Villafuerte L. (2023).

El afloramiento 7, se ubica en las coordenadas (x: 680724.62 m, y: 9606522.09 m), dicho afloramiento parte desde una vegetación arbustiva, seguido de material limoso de coloración blanquecina, como también detritos sueltos por todo el afloramiento producto del desprendimiento de las zonas superiores, consta de las siguientes dimensiones ancho $\pm 35\text{m}$ y una altura de $\pm 15\text{m}$, está en la parte norte de la zona de estudio.

En otra zona de estudio ubicado el afloramiento 9 en las coordenadas (x: 681163.76m y: 9606564.16m) se puede describir el mismo material teniendo en cuenta que en la parte superior repleta de vegetación y el afloramiento consta de material limoso con una coloración blanquecina, sus dimensiones: ancho $\pm 33\text{m}$ y una altura de $\pm 10\text{m}$.

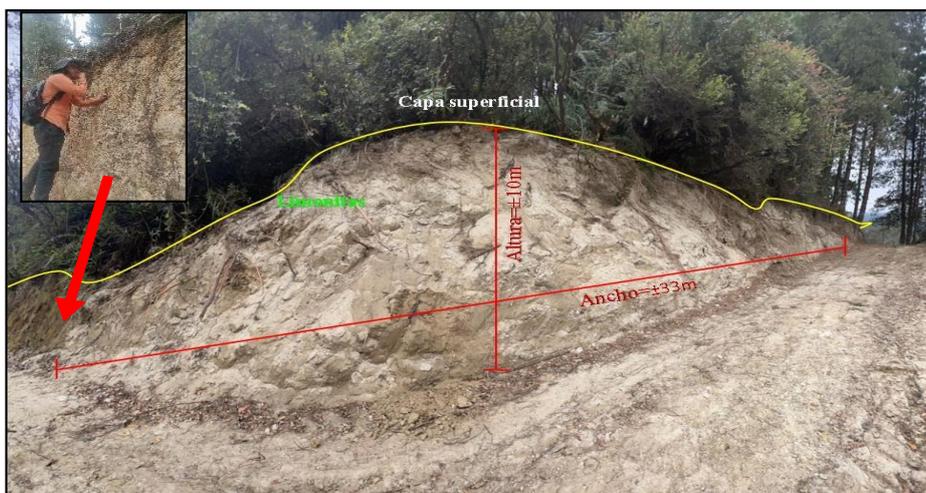


Figura 62. Afloramiento 9 – Zona Oeste

Nota: Villafuerte L. (2023).



Figura 63. Afloramiento 20 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

La litología de este afloramiento N° 20 conformada de material limo arcilloso, de coloración naranja debido a los altos índices de oxidación, ubicado en las coordenadas (x: 680716.24 m y: 9606714.35 m y z=2785m.s.n.m.) con las siguientes dimensiones ancho $\pm 70\text{m}$ y una altura de $\pm 3\text{m}$, afloramiento de origen antrópico ocasionado por la construcción de la vía.

Depósitos coluviales de tobas riolíticas

Estos depósitos se encuentran ubicados al sureste de la zona de estudio en pequeña proporción, lo cual están conformados principalmente de materiales como grabas mal graduadas, suelos arcillosos, tobas, entre otros los cuales se detallan a continuación.

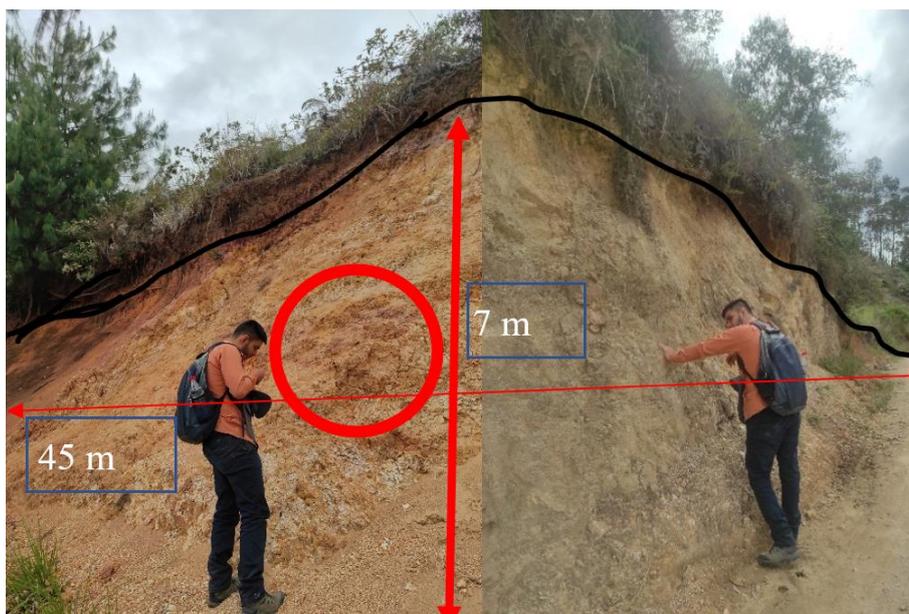


Figura 64. Afloramiento 38 –Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Este afloramiento N° 38 se encuentra ubicado en la zona Nor-Este de la zona de estudio, en las coordenadas (x: 681825,71 m y: 9607904,39 m y z: 2650 m.s.n.m) siendo de origen antrópico, la capa superficial es de tipo arbustiva y se caracteriza por tobas riolíticas, con matriz arcillosa de coloración rojiza por alto índice de oxidación, sus dimensiones son ± 7 metros de altura y ± 45 metros de largo.

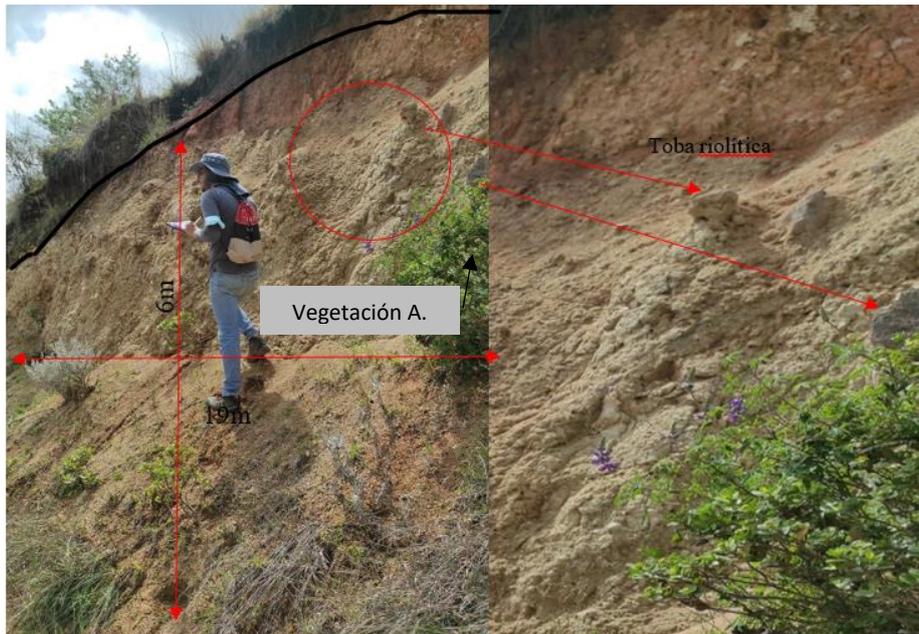


Figura 65. Afloramiento 39 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

La litología de este afloramiento N°39 se caracteriza por clastos de roca de toba riolítica que va desde los 5 cm hasta 20 cm, con cementante arcilloso, se presenta un alto grado de oxidación en todo el afloramiento de coloración rojiza debido a los óxidos de hierro, la superficie es una vegetación arbustiva, las dimensiones de este afloramiento es ± 6 metros de largo y ± 19 de largo, se encuentra ubicado en las coordenadas (x: 681818,309 m, y: 9608315,09 m z: 2750 m s.n.m).



Figura 66. Afloramiento 41 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Este afloramiento N°41 se encuentra ubicado en las coordenadas (x: 681540,77 m y: 9608200,43 m; z: 2559 m s.n.m) son tobas riolíticas de coloración rojiza en ciertos sectores de la roca, tienen una dimensión aproximadamente de ± 25 cm de alto, depositadas en un área aproximadamente de ± 100 m².

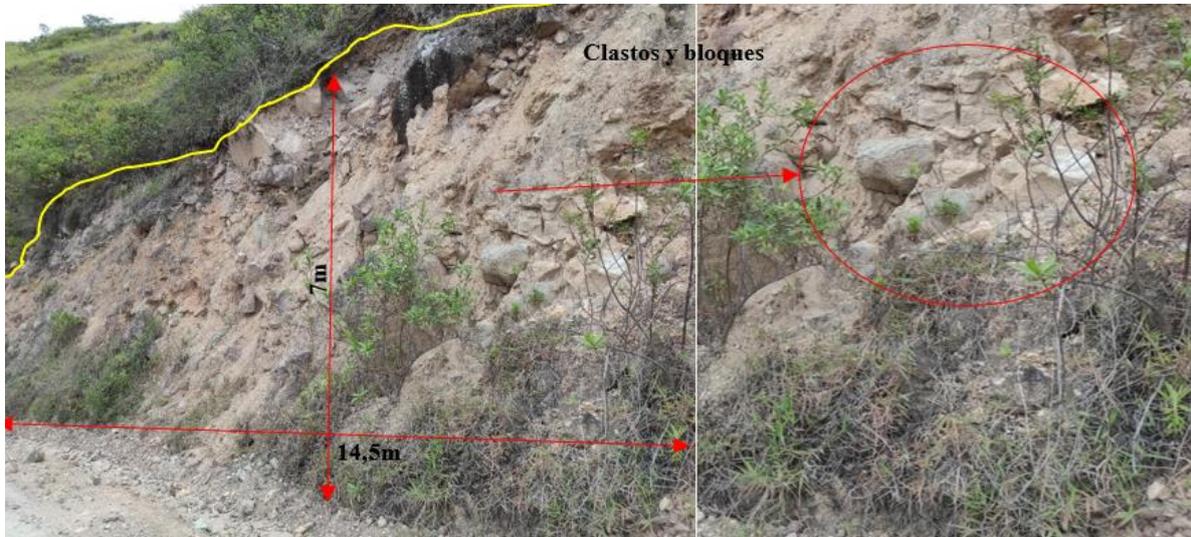


Figura 67. Afloramiento 43 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

La litología del afloramiento N°43 está conformada por clastos y bloques de roca, con una alteración media, en ciertos sectores aflora oxidación de color rojiza por los óxidos presentes, también encontramos material meteorizado y su matriz es limo arcilloso.

Se ubica en las coordenadas (x: 681514,87 m y: 9608082,01 m z: 2628 m s.n.m), las dimensiones son $\pm 14,5$ metros de ancho y ± 7 metros de altura.

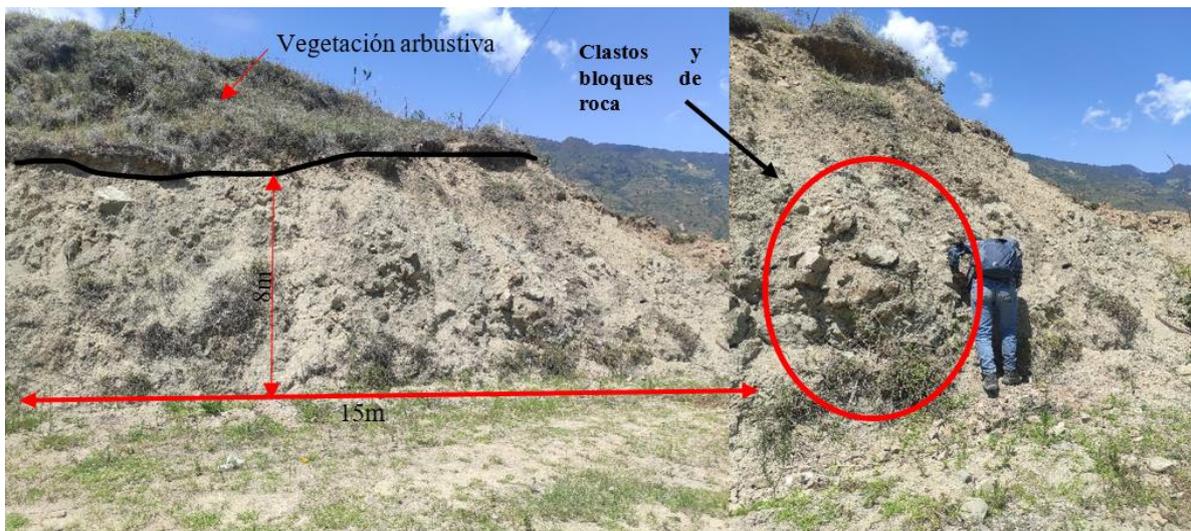


Figura 68. Afloramiento 44 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Este afloramiento N°44 es de origen antrópico, tiene vegetación arbustiva en la parte superior y se caracteriza por estar compuesto de clastos y bloques de roca de diferente dimensión, los cuales están envueltos en material fino de matriz limo arcillosa, la coloración del material es ploma, su meteorización es media, sus dimensiones son ± 8 m de altura y ± 15 m de ancho, se encuentra ubicado en las coordenadas (x: 681485,267 y: 9608533,47 z: 2450 m s.n.m)

Depósitos fluviales

Estos depósitos se encuentran en la parte sureste de la zona de estudio, formando parte de la Formación Saraguro, para conocer detalladamente se hizo el reconocimiento de algunos afloramientos que se indican a continuación.

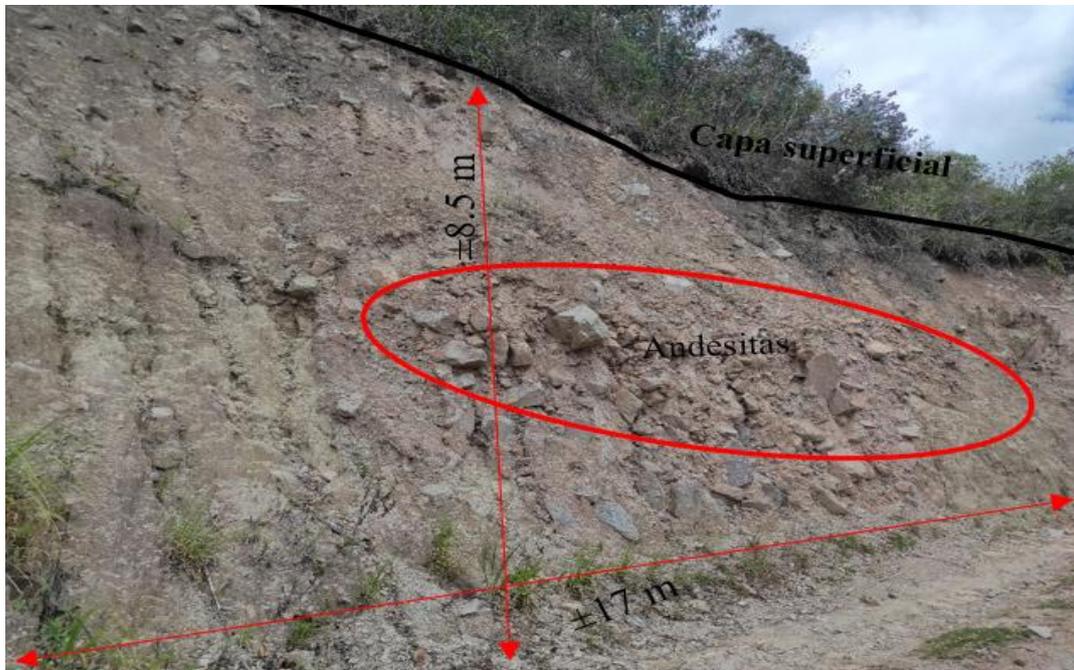


Figura 69. Afloramiento 45– Zona Oeste

Nota: Villafuerte L. (2023).

Este afloramiento N°45 se encuentra ubicado en las coordenadas (x: 681864,59 m y: 9605548,32 m z: 3150 m s.n.m), en la parte superior se observa una capa de cobertura vegetal, la litología de este afloramiento se caracteriza principalmente de andesitas medianamente meteorizadas con matriz arcillosa, y en ciertos lados material arenoso, es de origen antrópico y sus dimensiones son; ancho ± 17 m, y una altura de ± 8.5 m.

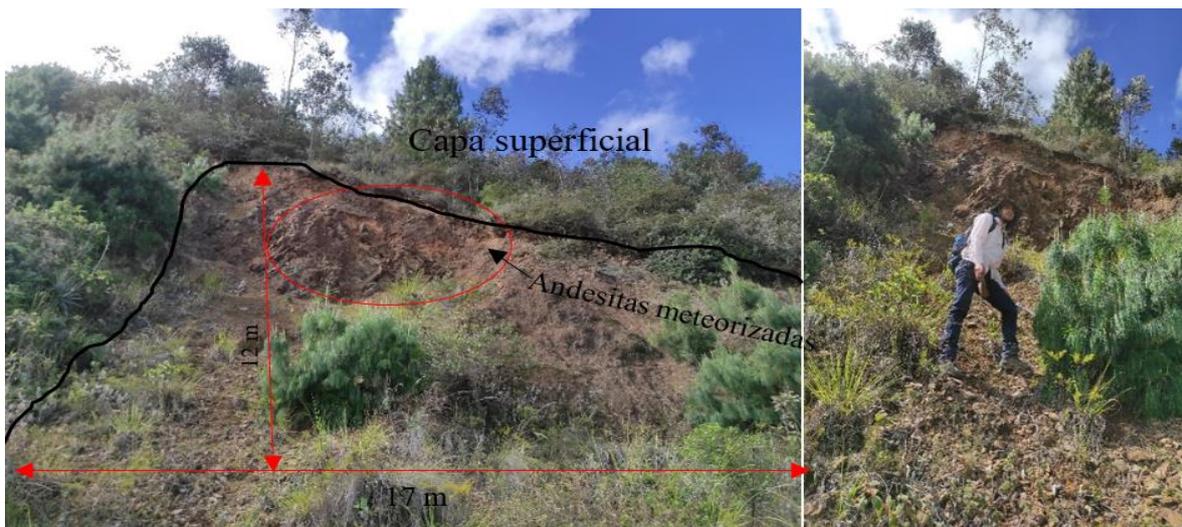


Figura 70. Afloramiento 46 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

La litología de este afloramiento N° 46 se caracteriza de roca ígnea (andesitas altamente meteorizadas con alto índice de oxidación), con matriz arcillosa, el tipo de vegetación es arbustiva con presencia de suelo orgánico, es de origen antrópico y se encuentra ubicado en las coordenadas (x: 681834,45 m y: 9605225,82 m z: 3148,5 m s.n.m) las dimensiones son; ancho ± 17 m y altura total de ± 12 m.



Figura 71. Afloramiento 53 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

Afloramiento N°53 ubicado en las coordenadas (x: 681855,55 m y: 9605165,54 m z: 3142 m s.n.m) con las siguientes dimensiones ancho ± 10 m y una altura de ± 7 m. Este afloramiento se caracteriza por roca ígnea (andesitas meteorizadas) sus dimensiones van desde 3 cm hasta 45 cm, presente en una matriz arcillosa con alto grado de oxidación de coloración naranja.

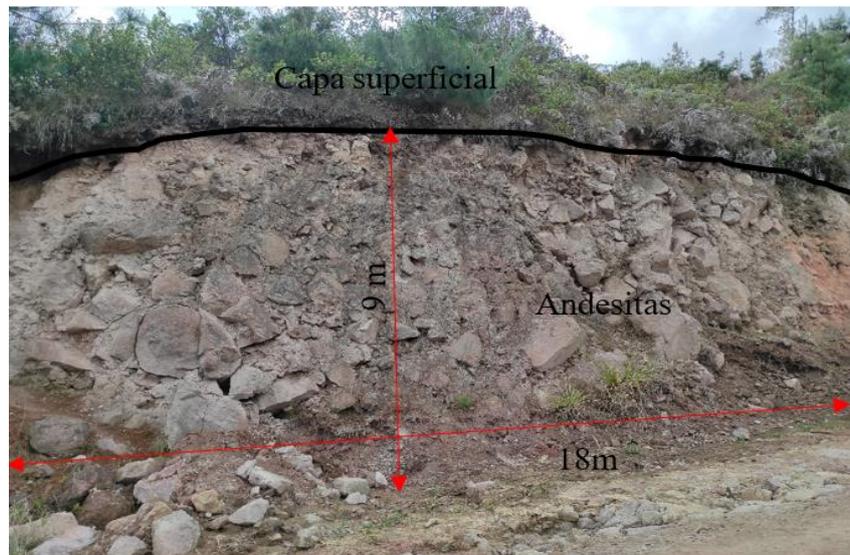


Figura 72. Afloramiento 54 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).



Figura 73. Afloramiento 55 – Zona Oeste
Nota: Villafuerte L. (2023).

En los afloramientos N° 54,55 ubicado en las coordenadas (x: 681768,14 m y: 9604794,81m z: 3138 m s.n.m) (x: 681765,13 m y: 9603664,54 m z: 3150 m s.n.m) respectivamente, se caracteriza por roca ígnea (andesitas altamente meteorizadas), poco consolidadas, se observa diferentes coloraciones (café y naranja) debido a los óxidos de hierro y la matriz cementante es limo arenosa.

Las dimensiones del afloramiento N° 54, son ancho 18 m y altura 9 m, y el afloramiento N°55 altura 10m y ancho 14m.



Tabla 18. Afloramientos totales de la zona de estudio

Punto	X (m)	Y (m)	Z (msnm)	Punto	X (m)	Y (m)	Z (msnm)	Punto	X (m)	Y (m)	Z (msnm)
1	682262,98	960665,16	3287,2	42	681485,26	9608533,5	2450,2	83	679412,22	9606394,4	3300,1
2	680792,24	9604656,88	3241,1	43	681514,87	9608082,5	2628,2	84	679564,36	9606017,3	3257,2
3	680335,46	9603925,95	3331,2	44	681864,59	9605548,3	3150,5	85	680232,43	9605726,3	3000,3
4	679537,21	9606490,4	3274,2	45	681163,76	9606564,2	2814,5	86	680737,42	9605816,5	2836,4
5	680324,21	9603877,6	3438,3	46	681535,68	9606511,3	2998,1	87	680086,91	9605997,5	3076,5
6	681400,01	9605207,01	3233,5	47	681736,63	9606228,7	3152,3	88	679742,95	9605766,2	3164,6
7	680724,62	9606522,1	2797,5	48	681730,28	9605695,3	3267,5	89	680470,56	9604952,4	3076,5
8	681808,61	9608756,7	2375,4	49	681152,43	9606241,4	2911,4	90	680576,39	9605289,7	3023,4
9	681163,76	9606564,2	2814,6	50	681127,03	9606876,4	2745,3	91	679736,34	9604879,6	3100,5
10	681788,76	9608419,3	2623,5	51	680936,02	9606807,9	2704,3	92	679736,34	9604390,1	3164,3
11	681864,59	9605548,3	3150,5	52	681855,55	9605165,5	3142,4	93	680325,04	9603821,3	3423,3
12	681834,45	9605225,8	3148,5	53	681768,14	9604794,8	3138,4	94	681371,3	9603475,8	3245,2
13	681855,55	9605165,5	3142,4	54	681765,13	9603664,5	3150,8	95	680067,07	9603477,3	3437,2
14	681768,14	9604794,8	3138,4	55	680646,4	9605636,2	2856,8	96	680662,38	9603470,7	3468,4
15	681765,13	9603664,5	3150,8	56	681391,47	9605669,1	3117,7	97	680616,08	9604588,6	3278,3
16	681163,76	9606564,2	2814,5	57	681342,93	9606127,1	3006,7	98	681112,18	9604608,4	3286,3
17	681824,48	9608058,2	2842,4	58	681000,02	9605708	2943,6	99	680007,54	9604211,5	3205,4
18	681570,48	9608617,8	2408,4	59	681425,48	9605377,8	3250,6	100	680199,36	9604476,1	3278,3
19	681293,68	9608371,6	2450,3	60	681787,43	9605390,5	3163,5	101	680860,82	9603966,8	3367,3
20	680716,24	9606714,4	2785,7	61	681833,32	9605569,6	3205,4	102	679478,37	9603404,6	3408,3
21	681475,56	9607999,5	2654,7	62	681746,54	9605182,1	3143,6	103	678664,77	9602769,6	3523,3
22	681618,11	9608260,6	2726,8	63	681827,38	9604708,2	3098,7	104	678856,6	9603569,9	3446,5
23	681356,17	9608201,1	2545,9	64	681473,5	9604741,3	3162,6	105	678704,46	9604185,1	3756,5
24	681658,65	9607917,3	2745,9	65	681579,33	9604946,3	3145,8	106	678605,24	9604767,2	3648,5
25	681800,67	9607570	2839,4	66	681691,78	9604377,5	3074,7	107	679240,24	9604661,3	3412,6
26	681526,82	9607347,8	2838,4	67	681184,88	9604357,3	3263,3	108	679465,14	9604072,6	3276,7
27	681864,59	9605548,3	3150,3	68	681018,19	9604290,8	3281,1	109	679848,79	9603675,8	3377,6
28	681276,79	9607816,15	2548,3	69	681403,91	9603600,2	3174,2	110	679683,42	9604747,3	3103,6
29	681165,67	9607125,5	2647,2	70	681208,91	9605065,4	3226,2	111	679134,41	9605441,9	3245,6
30	681387,92	9606935,01	2776,3	71	680966,05	9605022,1	3156,2	112	679048,42	9605170,7	3317,5
31	681834,45	9605225,8	3148,5	72	681283,52	9604579,3	3206,2	113	679650,35	9605302,9	3149,3
32	681855,55	9605165,5	3142,28	73	681566,1	9604132,7	3144,2	114	679028,58	9606129,8	3485,4
33	681689,54	9606923,1	2880,3	74	681761,23	9603716,1	3125,1	115	678750,76	9606539,9	3490,3
34	681864,59	9604800,8	3142,5	75	681807,53	9604470,1	3062,2	116	678611,86	9605534,5	3451,2
35	681768,14	9604794,8	3138,2	76	681321,36	9604185,6	3224,1	117	678360,5	9605600,6	3621,4
36	681391,38	9604653,2	3140,32	77	681298,21	9603894,6	3181,5	118	677884,25	9605104,5	3750,3
37	681765,13	9603664,5	3150,2	78	680225,82	9606778,5	3000,3	119	678300,97	9604661,3	3690,4
38	681825,71	9607904,4	2650,1	79	680485,53	9606500,2	2907,2	120	678790,45	9605898,3	3445,3
39	681818,3	9608335,1	2750,3	80	680138,4	9606476,5	3020,2	121	678982,83	9603159,8	3400,2
40	680014,15	9606301,8	3009,2	81	681540,77	9608200,4	2559,1	122	680223,06	9606203,4	2955,2
41	677507,22	9605336,5	3745,1	82	679584,2	9606625,9	3256,1	123	680267,26	9606253,7	2978,7

Nota: Villafuerte L. (2023).



6.1.5.1. Columnas estratigráficas.

➤ Depósitos coluviales limos

En el siguiente depósito se encuentra clastos subredondeados que van desde los 2 mm hasta 45 mm, cementado con limos finos de coloración rojizos amarillentos, por la presencia de óxidos de hierro, comprendiendo un porcentaje de 70% de limos y 30% de clastos altamente meteorizados. El área que ocupa este depósito es de 438,50 ha y se encuentra en la comunidad San Luis y extendiéndose a lo largo del río Curiyacu.

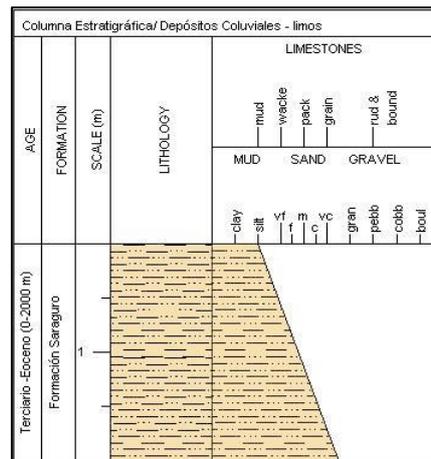


Figura 74. Depósitos coluviales- limos
Nota: Villafuerte L. (2023).

➤ Depósitos coluviales - tobas riolíticas

En el siguiente depósito se encuentra clastos subredondeados que van desde los 2 mm hasta 35 mm, y tobas subredondeadas - subangulosas comprendiendo un porcentaje de 60% de tobas, 20% de clastos y 20% de material limo arcilloso altamente meteorizados como cementante. El área que ocupa este depósito es de 46,75 ha y se encuentra en la comunidad Santa Lucia y en la zona noreste del área de estudio.

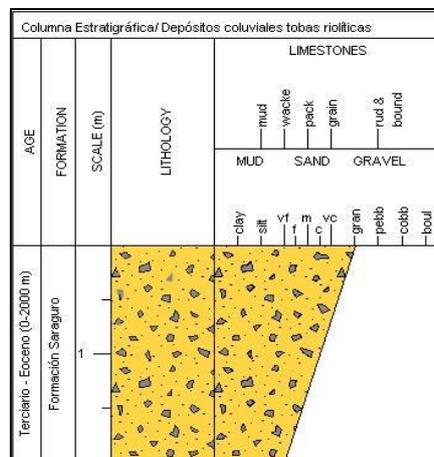


Figura 75. Dep. coluviales tobas riolíticas
Nota: Villafuerte L. (2023).



➤ **Depósitos coluviales de detritos**

En el siguiente depósito se encuentra detritos subredondeados y angulosos de diferente diámetro que van desde los 2 mm hasta 63 mm; comprendiendo un porcentaje de 70% de detritos, y 30% de material limo arcilloso altamente meteorizados como matriz cementante. El área que ocupa este depósito es de 930,38 ha y se encuentran dispersos alrededor de toda la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.

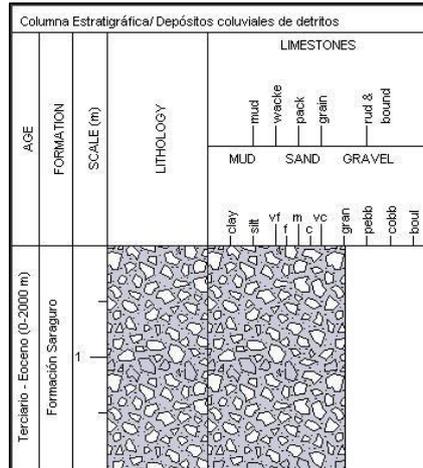


Figura 76. Depósitos coluviales de detritos
Nota: Villafuerte L. (2023).

➤ **Depósitos fluviales**

En el siguiente depósito se encuentra clastos redondeados, subredondeados, subangulosos y angulosos de diferente diámetro que van desde los 3 cm hasta 45 cm; comprendiendo un porcentaje de 80% de clastos, y 20% de material limo - arcilloso altamente meteorizados como matriz cementante. El área que ocupa este depósito es de 89,82 ha y se encuentran al sureste de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre.

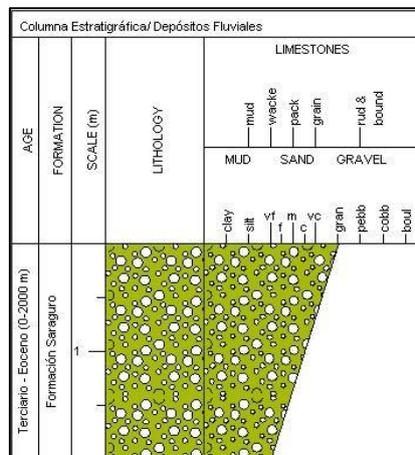


Figura 77. Depósitos fluviales
Nota: Villafuerte L. (2023).



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

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

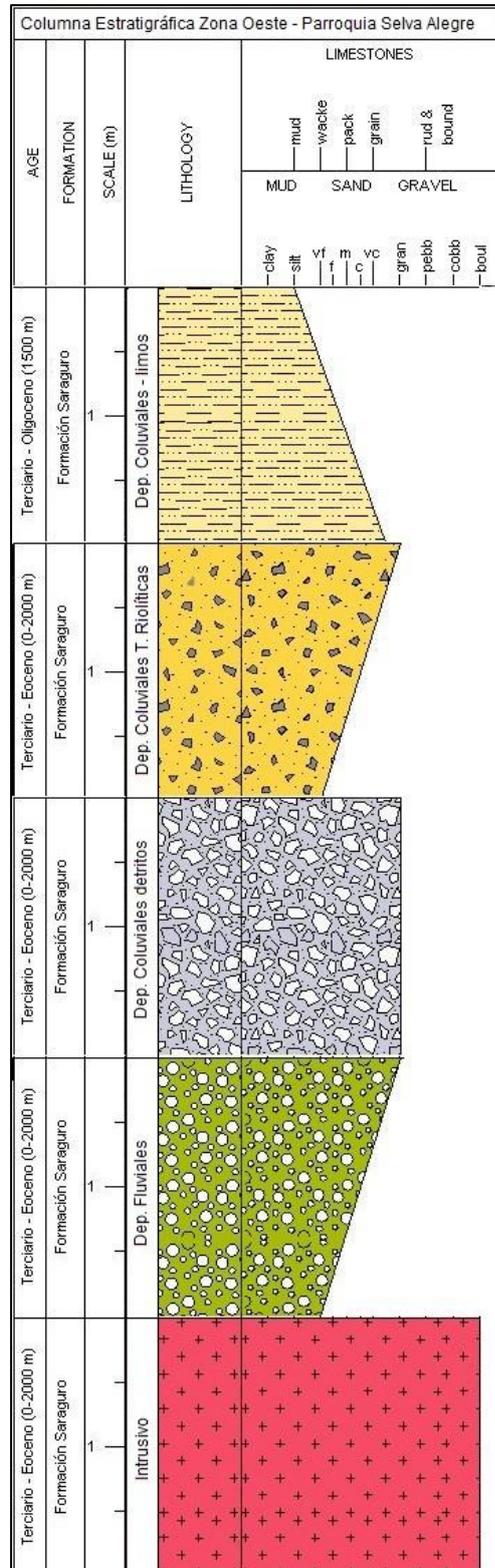


Figura 78. Columna estratigráfica.

Nota: Villafuerte L. (2023).



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

➤ Pendientes

La variable pendiente es uno de los factores sumamente importante por lo cual lo he puesto como primer punto a valorar, ya que, al aumentar el ángulo de la pendiente, por consiguiente, aumenta su peso de valoración y es más susceptible al deslizamiento.

Los rangos de pendiente se ubican desde pendientes muy bajas con un rango de (0°-5°) y el rango de pendientes muy altas desde (>55° - 80.58°).

Tabla 19. 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: Villafuerte L. (2023).

➤ Geomorfología

La zona Oeste de la parroquia Selva Alegre, presenta una geomorfología muy variable, cada geoforma que se presenta en la zona de estudio refleja alta erosión sobre su litología.

Este factor geomorfológico concierne al estudio de cada forma del relieve, su evolución y sus causas, los relieves que son denominados vertientes rectilíneas con fuerte disección son las zonas en donde existen un índice alto de deslizamientos, los cuales evidencian procesos de desestabilización, esto debido a la acción antrópica (apertura de vías, construcción de infraestructura, agricultura, y otras actividades).



Tabla 20. Valoración Geomorfológica

	Deslizamientos	Vertiente rectilínea con fuerte disección	Vertiente heterogénea con fuerte disección	Vertiente Heterogénea	Vertiente rectilínea	Vertiente abrupta	Barranco	Interfluvio de cimas estrechas	Afloramientos rocosos en ambiente peri glaciar (Arp)		
Deslizamientos	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2,77	0,17
Vertiente rectilínea con fuerte disección	0,5	1	2	3	3	3	3	4	4	2,61	0,16
Vertiente heterogénea con fuerte disección	0,5	0,5	1	3	3	3	3	4	4	2,44	0,15
Vertiente Heterogénea	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3	4	4	2,11	0,13
Vertiente rectilínea	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	4	4	4	1,92	0,12
Vertiente abrupta	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	4	4	1,51	0,09
Barranco	0,33	0,33	0,33	0,33	0,25	0,33	1	4	4	1,21	0,07
Interfluvio de cimas estrechas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	0,7	0,04
Afloramientos rocosos en ambiente peri glaciar (Arp)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,33	0,02
										15,67	1

Nota: Villafuerte L. (2023).

➤ **Uso de suelo**

La cobertura de la zona de estudio se relaciona de manera directa con los movimientos en masa, en donde se encuentran un mayor porcentaje de deslizamientos en las zonas como pastizales, páramo, vegetación arbustiva y un porcentaje bajo en bosques nativos.

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 deforestación en ciertas zonas por acción del hombre y por eventos climáticos es pronunciada, generando inestabilidad en diferentes puntos de manera superficial que con el tiempo puede ser más profundo.



Tabla 21. Valoración uso de suelo

	Pastizal	Vegetación Arbustiva	Plantaciones forestales	Bosque nativo	Páramo	Cuerpos de agua natural	Área Poblada		
Pastizal	1	2	3	3	4	4	4	3	0,23
Vegetación Arbustiva	0,5	1	3	4	4	4	4	2,93	0,22
Plantaciones forestales	0,33	0,33	1	4	4	4	4	2,52	0,19
Bosque nativo	0,33	0,25	0,25	1	4	4	4	1,98	0,15
Páramo	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	4	1,43	0,11
Cuerpos de agua natural	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	0,89	0,07
Área Poblada	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,36	0,03
								13,1	1

Nota: Villafuerte L. (2023).

➤ Geología

La geología de la zona de estudio, se caracteriza por depósitos coluviales de detritos, depósitos coluviales-tobas riolíticas, depósitos coluviales limos, depósitos fluviales, que son productos de procesos de acarreo y erosión de las rocas que se asientan, la formación Saraguro está compuesta de lavas riolitas y andesitas porfiríticas con fenocristales de cuarzo.

En la zona de estudio se presenta una sola formación litológica caracterizado de rocas ígneas según la carta regional, pero al momento de hacer levantamiento a detalle, encontramos, materiales como arcillas, limos, andesitas, granodioritas, con alto porcentaje de oxidación, a continuación, se presenta la tabla 22 de valoración de los pesos respectivos de acuerdo a la litología local del sector.



Tabla 22. Valoración geológica

	Depósitos coluviales limos	Depósitos fluviales	Depósitos coluviales de detritos	Depósitos coluviales-tobas riolíticas		
Depósitos coluviales limos	1	2	3	3	2,25	0,4
Depósitos fluviales	0,50	1	2	3	1,63	0,29
Depósitos coluviales de detritos	0,33	0,5	1	3	1,21	0,22
Depósitos coluviales-tobas riolíticas	0,33	0,33	0,33	1	0,50	0,09
					5,58	1

Nota: Villafuerte L. (2023).

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

Una vez desarrollados los mapas normalizados, se ejecuta un cruce de variables de acuerdo al método de Saaty, luego de los diferentes análisis, se emite los criterios correspondientes a cada variable y se define el orden de importancia de cada factor. En el caso de la zona estudiada el orden de importancia es el siguiente:

- Geomorfología
- Geología
- Pendiente
- Uso de suelo

Ejecutados los mapas normalizados, se determinó el cruce de variables por pares y luego del criterio válido de acuerdo a los análisis de los materiales en campo, es importante deducir y emitir un criterio técnico para definir el valor de importancia de cada uno de los factores que influyen en los deslizamientos del sector.

En el caso de la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre la matriz se presenta los valores jerarquizados según la importancia que tiene frente a los deslizamientos, además, las consideraciones tomadas para la asignación de los valores de importancia del (1 al 4) en donde el 1 es muy alta susceptibilidad y 4 muy baja susceptibilidad, se describe a continuación:



- **Geomorfología – Geología:** En la variable geomorfológica se determinó 9 geoformas, las cuales se tiene como laderas cuya génesis, es producto de los diferentes procesos tectónicos erosivos de los materiales, que dieron paso a la vertiente heterogénea, vertiente abrupta, vertiente rectilínea, vertientes heterogéneas con fuerte disección, vertientes rectilíneas con fuerte disección, que representan un 80,67% del área total, los materiales que se encuentran distribuidos en estas vertientes son depósitos coluviales, depósitos fluviales, depósitos de detritos, que son, materiales sedimentarios como ígneos, por ejemplo, arcillas, conglomerados, arenas, andesitas, tobas, que los conforman la formación Saraguro, de origen fluvial se tiene a los barrancos y de ambiente glaciar y peri glaciar se obtuvo afloramientos rocosos en ambiente peri glaciar y poligénica a interfluvios de cimas estrechas y como último y más importante a los deslizamientos. Las diferentes geoformas están constituidas por la formación Saraguro, en donde el interfluvio de cimas estrechas localizado al Sur-Este con un porcentaje de 3,13%, se encuentra conformadas por depósitos coluviales de detritos, los afloramientos rocosos en ambiente periglacial se encuentra conformado por depósitos coluviales de detritos, los barrancos presentes en la zona de estudio, presentan depósitos coluviales-limos, depósitos coluviales de detritos y depósitos fluviales, los depósitos de deslizamientos con un porcentaje del 0,04% en el sector se encuentran en los tres depósitos más influyentes de la zona de estudio que son: depósitos coluviales de detritos, depósitos coluviales limos, depósitos fluviales. Como el área de estudio comprende mayormente materiales arcillosos, arenosos, bloques de roca, y andesitas en su mayoría altamente meteorizadas, el nivel de importancia entre ambos factores conlleva una importante preferencia del factor geomorfología sobre geología por su dependencia, sin embargo, el factor geología es un complemento para la elaboración de la cartografía geomorfológica,
- **Geomorfología – Pendiente:** Cada geoforma comprende sus características individuales, en relación a las laderas que comprenden un 80,67% en donde, las pendientes empinadas e inclinadas representan un 89% del área total, toman gran relevancia por sus rangos de inclinación, a su vez es apta para el establecimiento de cada unidad genética, así mismo en el caso anterior dentro de la variable geomorfología el factor pendiente es de suma importancia y es considerado como complemento para la elaboración correspondiente.



- **Geomorfología – Uso de suelo:** Las geoformas de la zona estudiada, están asociadas a cada actividad que realice el hombre en el suelo, ya sea actividad agrícola e agropecuarias, principalmente; en la vegetación arbustiva, pastizal, conforman un 39% del área total, en donde ha dado paso a laderas, y se degradan los materiales. La variable uso actual de suelo, depende netamente de las formas del relieve, por lo tanto, se determinó que en el factor geomorfológico posee un nivel de importancia moderado, ya que se considera que de acuerdo a como se encuentre el relieve se podrá aprovechar el suelo.
- **Geología - Pendiente:** Se ha analizado y determinado que la preferencia del parámetro de geología con respecto a la pendiente es importante, teniendo como relación que; La geología del área estudiada son depósitos coluviales, ocupando un porcentaje del 94% del área total, considerando que las pendientes predominantes son las muy inclinadas y empinadas, a su vez los deslizamientos en su gran mayoría se encuentran inmersos en estas zonas, por lo tanto se ha otorgado la litología muestra una moderada a media preferencia sobre la variable pendientes, por la influencia de los deslizamientos que se distribuyen en toda la zona estudiada
- **Geología – Uso de suelo:** En la zona de estudio más del 80% son materiales coluviales en los cuales están inmersos de vegetación arbustiva, pastizales, páramo y por los diferentes cambios climáticos se da la presencia de procesos erosivos, los cuales son aprovechados para actividades agrícolas y agropecuarias, ya que son materiales arcillosos, limosos, material aluvial entre otros, muchos de los cultivos están asentados en materiales coluviales y son propensos a deslizamientos. La geología tiene moderada preferencia con respecto a la variable uso actual de suelo, lo cual es fundamental para la formación del mapa de susceptibilidad.
- **Pendiente – Uso de suelo:** La variable pendiente tiene una preferencia media con respecto al uso actual de suelo, teniendo en cuenta que las pendientes muy inclinadas y empinadas se encuentra con un 89% sobre la zona estudiada, abarcando gran parte de los diferentes distribuciones del suelo, como son pastizales, vegetación arbustiva, páramo, a su vez el uso de suelo depende netamente de la mano del hombre para ser modificado o creados, ya que las pendientes muchas de las veces son límites para la creación de los mismo, dando como consecuencia la estabilidad de las zonas que deseen producir.



Elaborados los mapas de las 4 variables, se procede a normalizarlos para poder obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, a través de la suma pondera utilizando el Software ArcGIS versión 10.4 y a su vez mediante la herramienta del Modelo Builder se plazo los procesos ejecutados

Tabla 23. Obtención de la ponderación final para los variables generales

VARIABLES							
	Geomorfología	Geología	Pendiente	Uso actual de suelo	Ponderación	Pesos	Nmax
Geomorfología	1	1	2	3	1.75	0.36	1,02
Geología	1.00	1	2	2	1.50	0,31	0,93
Pendiente	0.50	0.50	1	2	1.00	0.21	1,13
Uso actual de suelo	0.33	0.50	0.50	1	0.58	0,12	0,96
Suma	2.83	3.00	5.50	8.00	4.83	1	4.06

Nota: Villafuerte L. (2023).

Se utilizó la relación de consistencia (Rc), la cual su objetivo es determinar si los valores asignados son satisfactorios y cumplen con los valores establecidos, en donde valores que exceden de 0,10 son señal de juicios inconsistentes, por lo tanto, es importante reconsiderar y analizar nuevamente los valores originales de la matriz y si Rc es menor o igual a 0,10 los valores asignados son satisfactorios.

Tabla 24. 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: Villafuerte L. (2023).



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

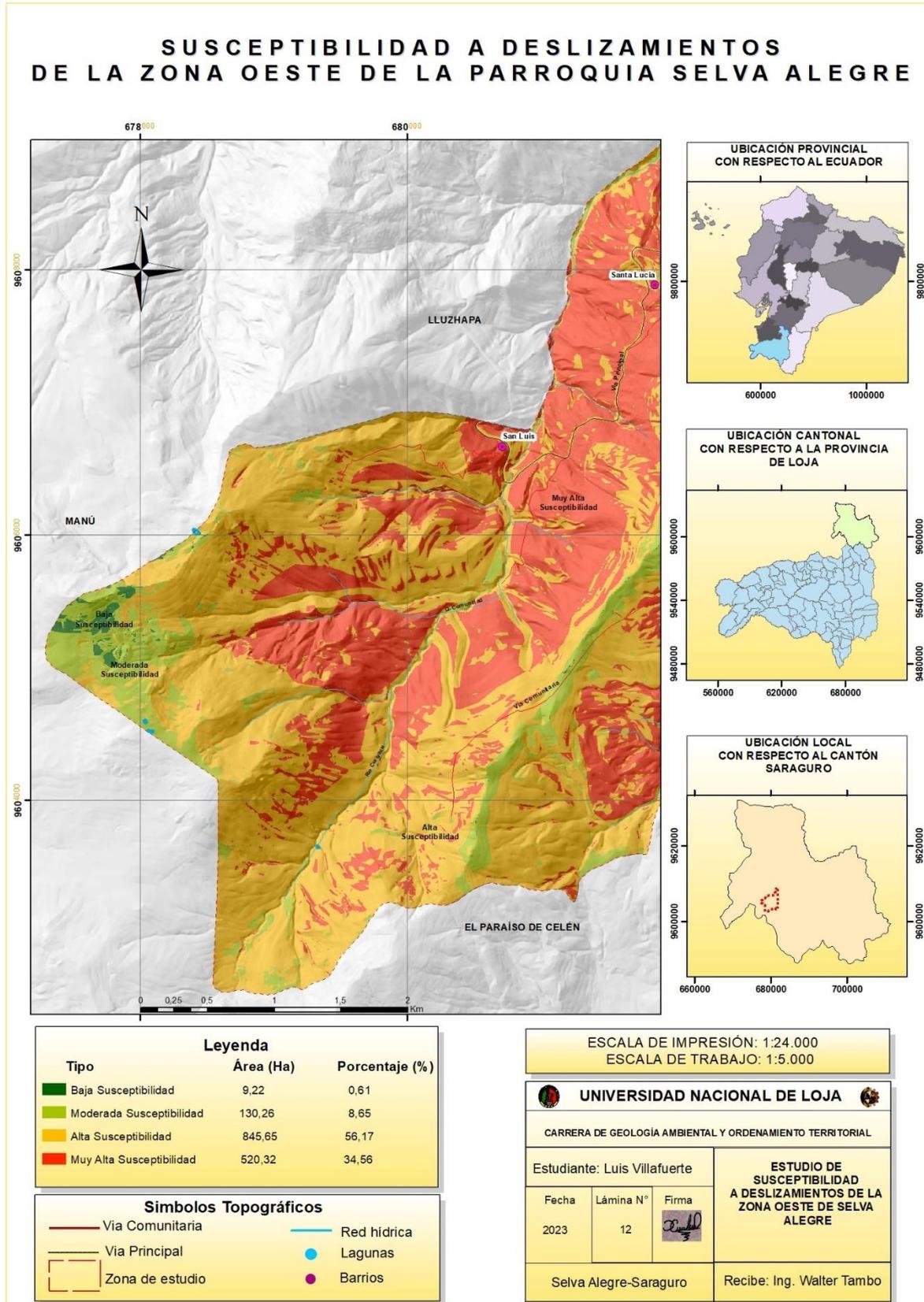


Figura 79. Mapa de Susceptibilidad de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre

Nota: Villafuerte L. (2023).



Se obtuvo como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre a escala 1:5000 (Ver Anexo 16), en donde se encuentra jerarquizado de acuerdo a 4 clases cuali-cuantitativo, producto del análisis completo de la parroquia Selva Alegre (Ver tabla 25).

Tabla 25. Categorías y rangos de la susceptibilidad a deslizamientos de la zona Oeste.

Clase	Rango	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Baja	0.073-0.101	9,22	0,61
Moderada	0.101-0.132	130,26	8,65
Alta	0.132-0.163	845,65	56,17
Muy Alta	0.163-0.194	520,32	34,56

Nota: Villafuerte L. (2023).

Baja: Corresponde al grado de menor proporción dentro del área de estudio, en donde se establece una zona baja ubicada al Noroeste de la zona de estudio, abarca un área de 9,22 ha, que representa un 0,61%, caracterizadas por presentar pendientes de 0° - 5° y 5° - 15° correspondientes a ligeramente y fuertemente inclinadas, el tipo de geomaterial que constituye corresponde a depósitos coluviales de detritos, además existe la presencia de páramo, en estas zonas no se encuentra infraestructura.

Moderada: La zona media o moderada posee zonas ubicadas a lo largo del río Curiyacu, que va en dirección Noreste, Suroeste. Las zonas Noroeste y Sureste, abarca 130,26 ha de extensión, que equivale al 8,65% del área total, la litología de esta clase está conformada por arcillas, arenas, limos, andesitas, bloques, clastos, que conforman en depósitos coluviales y fluviales, en donde la meteorización y oxidación de los materiales es media alta, además características de pendiente de 15° hasta 35° y geoformas asociadas a barrancos que va a lo largo del transcurso de río o quebrada, en la zona Noroeste y Sureste conformada de laderas como son; vertientes heterogéneas, vertiente abrupta, vertiente rectilínea condicionan las características en las que se haya el material litológico. La mayoría del suelo es páramo, en pocas proporciones bosque nativo, pastizal que es utilizado para cultivos, ayudando a denudar el suelo provocando erosión, por otro lado, también abarca en pequeños tramos las vía principal y vías comunitarias

Alta: El 56,17% de la zona de estudio se encuentra en una susceptibilidad alta, que equivale a una extensión de 845,65 ha, comprende sitios con inestabilidad y posee indicios deslizamientos, la inestabilidad presente se debe a que posee paisajes comprendidos de laderas, barrancos, con grandes pendientes muy inclinadas ($>15^{\circ}$ - 35°) y empinadas ($>35^{\circ}$ - 55°), lo que contribuye que se encuentran desniveles relativos mayores, además el uso de suelo es



mayormente vegetación arbustiva, pastizales, páramo, plantaciones forestales, en los cuales también es ocupado por actividades agrícolas, aunque también se tiene zona de bosque nativo, dentro de esta clase se encuentra el barrio Santa Lucía.

Muy alta: Finalmente, el 34,56% que equivale a 520,32 ha correspondiente a susceptibilidad muy alta de la zona de estudio, esto se debe a que está dado por depósitos coluviales-limos y depósitos fluviales, que se encuentran dentro de un relieve laderas, vertientes, y deslizamientos con pendientes empinadas y verticales, los terrenos de la categoría alta son pastizales que son afectados por la actividad agrícola, vegetación arbustiva, y en pocas secciones bosque nativo, dentro de esta categoría se encuentra el barrio San Luis ubicado al Norte de la zona de estudio, además también abarca tramos de las vías de la zona de estudio.

➤ **Cálculo de Eficiencia del método.**

El nivel de 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 siguiente tabla 26 se representa el cálculo de eficiencia del método producto de la relación entre los deslizamientos y las zonas Alta y Muy Alta susceptibilidad de la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre.

Tabla 26. Relación entre los deslizamientos y la Susceptibilidad de la Zona de estudio.

Clase	Deslizamiento	Porcentaje (%)	Cálculo de eficiencia
Baja	0	0	Deslizamientos:
Moderada	1	2.95	Alta + Muy Alta: 33
Alta	17	97.05	$NE = \frac{33 \times 100\%}{34}$
Muy Alta	16		$NE = 97.05\%$
Total	34	100	

Nota: Villafuerte L. (2023).

En el área de estudio se encuentran 34 deslizamientos, de los cuales se consideran solamente las zonas Alta y Muy Alta Susceptibilidad para el cálculo de eficiencia del método, obteniendo 33 deslizamientos; 17 deslizamientos en Alta susceptibilidad y 16 deslizamientos en Muy Alta susceptibilidad lo que representa una eficiencia del método del 97.05%.



7. Discusión

Según el 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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre, en comunidades como: San Luis y Sata Lucia 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, ya que las zonas obtenidas son producto de un levantamiento in situ, y posterior corrección en ArcGIS 10.4 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 como lo son: cultivos anuales, hortalizas, plantas medicinales, 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 geformas específicas como las vertientes. A su vez en el presente estudio, se considera a los deslizamientos como una geforma inherente, para la obtención de zonas susceptibles a dichos fenómenos.

La geología levantada de la Zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre está conformada por depósitos coluviales limos. 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 Saraguro 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 Oeste 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 cuatro grados de susceptibilidad; Baja al noroeste de la zona de estudio, la clase moderada recae al sureste y noroeste del área estudiada y la clase Alta y Muy alta en las comunidades San Luis y Santa Lucía, donde se encuentran depósitos coluviales limosos y arcillosos es donde se evidencia la mayor parte de deslizamientos. La eficiencia del método es del 97,05 % en la Zona Oeste 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

- La topografía de la zona de estudio comprende altitudes que van desde los 2350 hasta 3750 m.s.n.m. Las zonas más bajas se encuentran en la parte Noreste cerca del barrio Santa Lucia y la más alta en la parte Noroeste del área de estudio, comprendiendo una extensión de 1505.46 hectáreas de trabajo.
- La zona de estudio está conformada por la formación Saraguro, encontrando así un basamento de tipo basalto que se encuentra inferido, depósitos coluviales de detritos (61,80%), depósitos coluviales-limos (29,12%), depósitos fluviales (5,96%), depósitos coluviales-tobas riolíticas (3,10%) de la zona de estudio.
- Geomorfológicamente el área de estudio consta en su gran mayoría de laderas como son; vertientes heterogéneas, vertientes rectilíneas, vertientes abruptas, con un 80% sobre la zona de estudio total, a su vez tenemos barranco con 15,28% ubicado en la parte noreste y suroeste de la zona de estudio siguiendo el cauce de ríos y quebradas, otra geoforma también es interfluvio de cimas estrechas y afloramientos en ambiente peri glaciar, los depósitos de deslizamientos se los ha tomado como una geoforma, con un área de 0,89 ha distribuyéndose por toda la zona.
- El páramo, pastizales, vegetación arbustiva, bosque nativo, plantaciones forestales, área poblada y cuerpos de agua natural, conforman el uso actual de suelo de la zona Oeste de la parroquia Selva Alegre, teniendo como mayores influencias a: bosque nativo (32.69%), páramo (27.14%) y pastizal (21.49%), a su vez existen sistemas de riego, que abastecen a diferentes puntos de la zona, que se encuentran en malas condiciones y un mal direccionamiento, ocasionando humedad y saturación del suelo.
- Las pendientes de la zona de estudio fueron clasificadas según Demmek (1972), dando como resultado 5 categorías; ligeramente inclinada (1.13%), fuertemente inclinado (8,62%), la pendiente con mayor porcentaje es la muy inclinada con un (65.69%), ocupando una extensión de 988,97 Ha, pendientes empinadas (24,19%), verticales (0.35%), demostrando que es una variable con una incidencia directa en los deslizamientos especialmente en las pendientes empinadas.
- La valoración de cada variable se determina que el método de evaluación multicriterio es eficiente, siempre y cuando, se aplique la normalización de los mapas a través de la Jerarquización Analítica de Saaty (AHP), permitiendo disminuir su subjetividad y una síntesis de los criterios, con la ayuda del software ArgGis 10.4, 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).

- Como punto final se obtuvo 4 categorías, correspondientes al mapa de susceptibilidad de la zona Oeste de la Parroquia Selva Alegre, de acuerdo a Sakar y Kanungo (2004), reflejándose que, las zonas altas y muy altas susceptibilidad corresponden a 56,17% y 34,56% que corresponde a las comunidades de San Luis y Santa Lucía, seguido de la categoría Moderada con un 8.65%, correspondiente al Noroeste y Sur Este de la zona de estudio, como parte final la clase Baja con 0.61% ubicándose al Noroeste de la zona estudiada.
- El análisis aplicado a la correlación del inventario de deslizamientos con el mapa de susceptibilidad del área de estudio, se obtuvo como resultado un valor de 17 deslizamientos en Alta susceptibilidad, 16 deslizamientos en Muy Alta susceptibilidad y 1 deslizamiento en Moderada susceptibilidad, de un total de 34 deslizamientos encontrados; por lo tanto, el método aplicado tiene una eficiencia de 97.05%.



9. Recomendaciones

- Realizar una evaluación de las propiedades física – mecánicas de la roca, para el diseño de estructuras geotécnicas, como muros de contención, para el control de laderas en la zona de estudio.
- Aplicar un estudio a detalle dentro de las zonas altas y muy altas de susceptibilidad, para que se establezcan medidas de control y estabilidad de taludes de la zona de estudio.
- Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado (Gad) Parroquial de Selva Alegre, hacer estudios más profundos que se aplique geofísica, geotecnia; para obtener información más a detalle y determinar de manera más amplia el problema de la zona, a su vez establezcan medidas de prevención ante la amenaza presente.
- Es importante realizar capacitaciones a los moradores de la parroquia sobre el tema que se trabajó, con la finalidad de que sus actividades sean desarrolladas en zonas menos susceptibles.



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>
- Aritzabal, 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>
- Boletín Saraguro. (2020) “Precipitaciones Saraguro Ecuador” Obtenido de: <https://www.cuandovisitar.com.ec/ecuador/saraguro-1190112/>
- Brunsdon, 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.coraldeaglobal.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_modulablepourelacartographiedesphenomenesrecommandations.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



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

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 ()	
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)

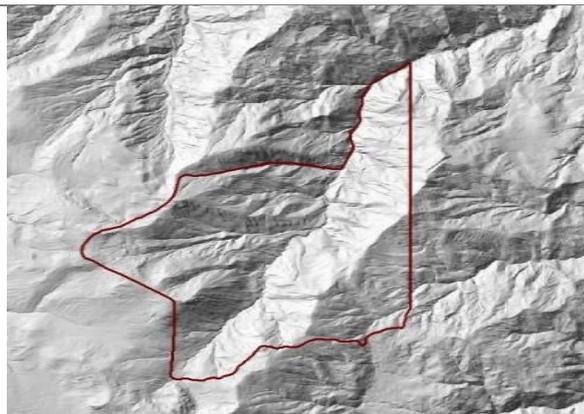


TIPO	COD
0 – 5	1
>5 – 15	2
>15 – 25	3
>25 – 50	4
>50 – 100	5

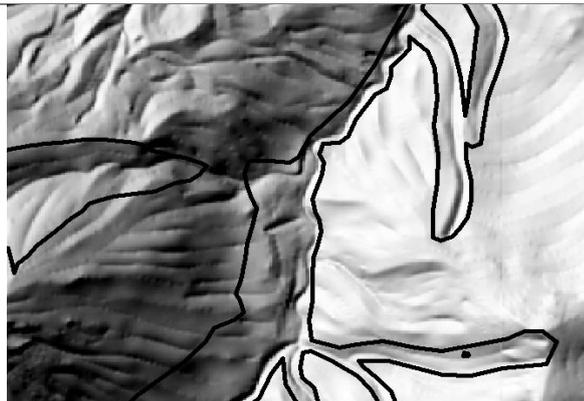
Nota: Adaptado de CLIRSEN (2012)

Anexo 5. Fotointerpretación de geformas

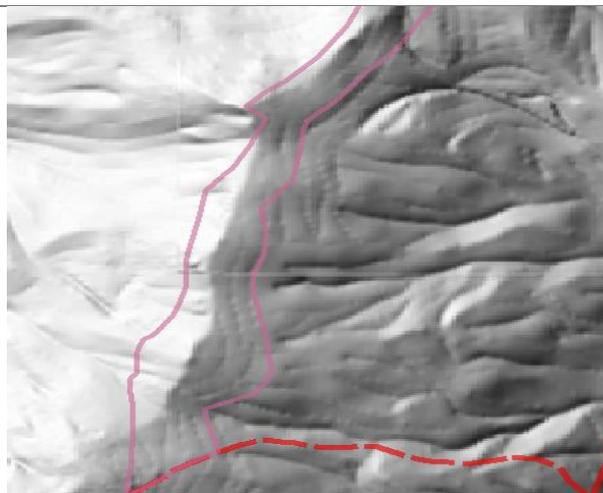
Modelo de Elevación Digital (MDE)



Barranco

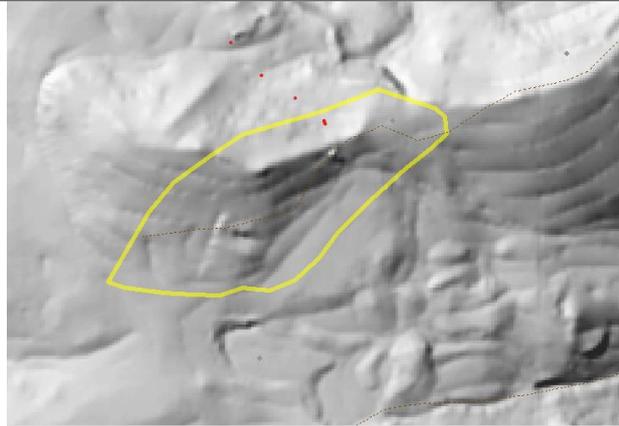


Interfluvio de cimas estrechas

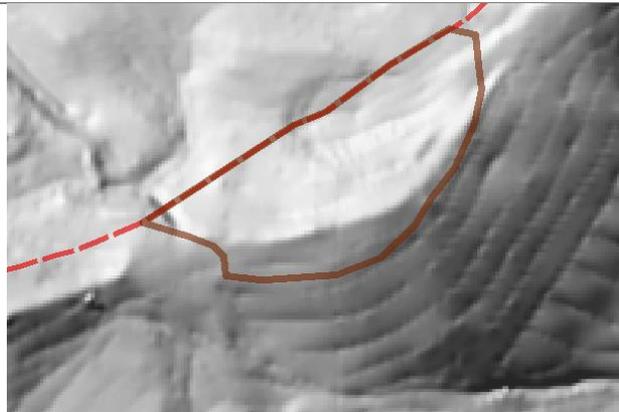




Afloramientos rocosos en ambiente periglacial



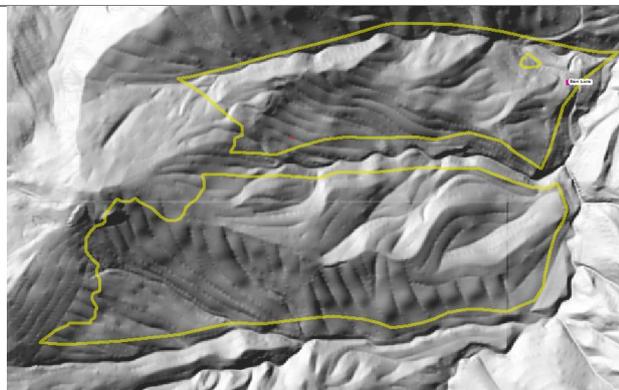
Vertiente abrupta



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		Leguminosas		Arroz			
						Maíz Duro			
						Maíz Suave			
		Raíces Y Tubérculos		Hortalizas		Papa			
						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					
		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	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



GEOMORFOLOGÍA										PROMEDIO	PESO
	Deslizamientos	Vertiente rectilínea con fuerte disección	Vertiente heterogénea con fuerte disección	Vertiente Heterogénea	Vertiente rectilínea	Vertiente abrupta	Barranco	Interfluvio de cimas estrechas	Afloramientos rocosos en ambiente peri glaciar (Arp)		
Deslizamientos	1	2	2	3	3	3	3	4	4	2,77	0,17
Vertiente rectilínea con fuerte disección	0,5	1	2	3	3	3	3	4	4	2,61	0,16
Vertiente heterogénea con fuerte disección	0,5	0,5	1	3	3	3	3	4	4	2,44	0,15
Vertiente Heterogénea	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3	4	4	2,11	0,13
Vertiente rectilínea	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	4	4	4	1,92	0,12
Vertiente abrupta	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	4	4	1,51	0,09
Barranco	0,33	0,33	0,33	0,33	0,25	0,33	1	4	4	1,21	0,07
Interfluvio de cimas estrechas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	0,7	0,04
Afloramientos rocosos en ambiente peri glaciar (Arp)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,33	0,02
										15,67	1

USO ACTUAL DE SUELO								PROMEDIO	PESO
	Pastizal	Vegetación Arbustiva	Plantaciones forestales	Bosque nativo	Páramo	Cuerpos de agua natural	Área Poblada		
Pastizal	1	2	3	3	4	4	4	3	0,23
Vegetación Arbustiva	0,5	1	3	4	4	4	4	2,93	0,22
Plantaciones forestales	0,33	0,33	1	4	4	4	4	2,52	0,19
Bosque nativo	0,33	0,25	0,25	1	4	4	4	1,98	0,15
Páramo	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	4	1,43	0,11
Cuerpos de agua natural	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	4	0,89	0,07
Área Poblada	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	0,36	0,03
								13,1	1



GEOLOGÍA	Depósitos coluviales limos	Depósitos fluviales	Depósitos coluviales de detritos	Depósitos coluviales-tobas riolíticas	PROMEDIO	PESO
	Depósitos coluviales limos	1	2	3	3	2,25
Depósitos fluviales	0,50	1	2	3	1,63	0,29
Depósitos coluviales de detritos	0,33	0,50	1	3	1,21	0,22
Depósitos coluviales-tobas riolíticas	0,33	0,33	0,33	1	0,50	0,09
					5,58	1



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

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

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

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

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

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

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

Anexo 17. Relación de deslizamientos y susceptibilidad de la Zona Oeste 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, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	1	CÓDIGO HOJA	D-001	DATUM	WGS 84
Ubicación			Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	680407,94		Tipo de deslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9604175,07			
	Z(m s.n.m)	3342			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			45m		
Ancho (promedio de la zona):			10m		
Profundidad de la superficie de falla:			6 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento		x
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 ()	Vegetación escasa ()		Arbustos (x)	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 ()		Zonas húmedas (x)		
Vegetación de la masa desplazada	No aplicable ()	No vegetada ()	Vegetación escasa(x)	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()	Deforestación (x)	Apertura de vía ()	Presencia de agua ()	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()	Lluvias ()	Construcciones (x)	Apertura de vía (x)	
Daño:	No visible (x)	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible ()	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Limos arcillosos				
FOTOGRAFIA					



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS	
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.
DATOS GENERALES	
N° Deslizamiento	2
CÓDIGO HOJA	D-002
DATUM	WGS 84
Ubicación	Cerca de quebrada
Fecha	15/08/2022
Coordenadas UTM	X(m) 680352.05
	Y(m) 9604263.03
	Z(m s.n.m) 3357
Tipo de deslizamiento	Traslacional
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO	
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):	15m
Ancho (promedio de la zona):	18 m
Profundidad de la superficie de falla:	1.5 m
Mecanismo	Evento sencillo y rápido
	Evento múltiple y rápido
Evento sencillo y lento	x
Evento múltiple y lento	
Actividad:	Inactivo () Latente(x) Activo () Actividad Localizada ()
Estado del escarpe:	No visible () Escarpe evidente (x)
Forma del escarpe	No aplicable () Semicircular (x) Alargado () 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 masadesplazada	No presentan zonas húmedas (x) Zonas húmedas ()
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable (x) Novegetada () 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 () Otros ()
Tipo de material	Materiales de gravas no graduadas con limos y material orgánico.
FOTOGRAFIA	



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS				
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.			
DATOS GENERALES				
N° Deslizamiento	3	CÓDIGO HOJA	D-003	DATUM
Ubicación	Vía a Sarar	Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	680481.98		Tipo dedeslizamiento
	Y(m)	9604470.01		
	Z (m.s.n.m)	3342		
Traslacional				
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO				
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				20m
Ancho (promedio de la zona):				30m
Profundidad de la superficie de falla:				2 m
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento	x
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 masadesplazada	No presentan zonas húmedas (x)	Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada (x)	Vegetación escasa	Arbustos ()
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	Andesita altamente fractura y arcillas			
FOTOGRAFIA				
				



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	4	CÓDIGO HOJA	D-004	DATUM	WGS 84
Ubicación			Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	681834.58		Tipo dedeslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9604770.72			
	Z (m s.n.m)	3342			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			45m		
Ancho (promedio de la zona):			10m		
Profundidad de la superficie de falla:			6 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento		x
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 ()	Vegetación escasa ()		Arbustos (x)	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo (x)	No presente ()
Humedad de la masadesplazada	No presentan zonas húmedas ()		Zonas húmedas (x)		
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada ()	Vegetación escasa(x)		
			Arbustos ()	Árboles ()	
Causa probable:	Erosión concentrada ()	Deforestación (x)	Apertura de vía ()	Presencia de agua ()	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias ()	Construcciones (x)	Apertura de vía (x)
Daño:	No visible (x)	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible ()	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Limos arcillosos				
FOTOGRAFIA					



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS				
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000.PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.			
DATOS GENERALES				
N° Deslizamiento	5	CÓDIGO HOJA	D-005	DATUM
Ubicación	Vía a Manú	Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	680557.21	Tipo dedeslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9606773.68		
	Z (m s.n.m)	3021		
CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO				
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				50m
Ancho (promedio de la zona):				60m
Profundidad de la superficie de falla:				3 m
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento	
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 ()	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)	Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masadesplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()	
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada (x)	Vegetación escasa ()	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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS				
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.			
DATOS GENERALES				
N° Deslizamiento	6	CÓDIGO HOJA	D-006	DATUM
Ubicación	Sector San Luis		Fecha	15/08/2022
Coordenadas UTM	X(m)	680577.93	Tipo dedeslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9606213.85		
	Z (m s.n.m)	2836		
CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO				
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				50m
Ancho (promedio de la zona):				20m
Profundidad de la superficie de falla:				3 m
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		x	Evento sencillo y lento
	Evento múltiple y rápido			Evento múltiple 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 (x)		Arbustos (x) Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada ()		Masa en forma de flujo (x) No presente ()
Humedad de la masadesplazada	No presentan zonas húmedas ()	Zonas húmedas (x)		
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos () Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()	Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua (x)
	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 () Otros ()
Tipo de material	Materiales limoso arcilloso			
FOTOGRAFIA				



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	7	CÓDIGO HOJA	D-007	DATUM	WGS 84
Ubicación	Vía a Manú	Fecha	15/08/2022		
Coordenadas UTM	X(m)	681573.69		Tipo de deslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9606932.33			
	Z (m s.n.m)	2822			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				60m	
Ancho (promedio de la zona):				80m	
Profundidad de la superficie de falla:				1.5 m	
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		x	Evento sencillo y lento	
	Evento múltiple y rápido			Evento múltiple 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 (x)	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 ()	Novegetada (x)	Vegetación escasa ()	Arbustos ()	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada ()	Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua	
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades () Minería (x)		
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 ()	Otros ()
Tipo de material	Andesita meteorizada fractura				
FOTOGRAFIA					



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	8	CÓDIGO HOJA	D-008	DATUM	WGS 84
Ubicación	Sector San Luis		Fecha	15/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	681764.00		Tipo dedeslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9607604.00			
	Z (m s.n.m)	2815			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):			70m		
Ancho (promedio de la zona):			40m		
Profundidad de la superficie de falla:			2 m		
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento		x
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 (x)	Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)		Masa en forma de flujo ()	No presente ()
Humedad de la masadesplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada (x)	Vegetación escasa ()		Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada (x)		Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua
	Cargas de construcción ()		Discontinuidades ()		
Factor disparador:	Desconocido ()		Lluvias (x)	Construcciones ()	Apertura de vía ()
Daño:	No visible (x)	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos (x)	
Estabilización	No visible (x)	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Andesitas meteorizadas y arcillas				
FOTOGRAFIA					
					



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	9	CÓDIGO HOJA	D-009	DATUM	WGS 84
Ubicación	Sector San Luis		Fecha	16/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	681191,23	Tipo de deslizamiento	Rotacional	
	Y(m)	9606584,01			
	Z (m s.n.m)	2790			
CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				80m	
Ancho (promedio de la zona):				45m	
Profundidad de la superficie de falla:				3 m	
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento		
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple y lento		x
Actividad:	Inactivo (x)	Latente ()	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 (x)	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 ()	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 (x)	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible (x)	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros ()
Tipo de material	Material de arcillas y gravas mal graduadas				
FOTOGRAFIA					



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

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE DESLIZAMIENTOS					
Proyecto	SUCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS, DE LA PARROQUIA SELVA ALEGRE PARTE OESTE, ESCALA 1:5000, PARROQUIA SARAGURO, CANTÓN SARAGURO, PROVINCIA DE LOJA.				
DATOS GENERALES					
N° Deslizamiento	10	CÓDIGO HOJA	D-009	DATUM	WGS 84
Ubicación	Sector San Luis		Fecha	16/08/2022	
Coordenadas UTM	X(m)	681202.22		Tipo dedeslizamiento	Traslacional
	Y(m)	9606638,65			
	Z (m.s.n.m)	2789 m.s.n.m			
CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO					
Longitud (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):				30m	
Ancho (promedio de la zona):				10m	
Profundidad de la superficie de falla:				1 m	
Mecanismo	Evento sencillo y rápido		Evento sencillo y lento		x
	Evento múltiple y rápido		Evento múltiple 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 ()	Mediana ()	Grande (x)	
Vegetación del escarpe:	No vegetada (x)	Vegetación escasa ()	Arbustos (x)		Pastos ()
Estado de la masa desplazada	Masa intacta ()	Masa desintegrada (x)	Masa en forma de flujo ()		No presente ()
Humedad de la masadesplazada	No presentan zonas húmedas (x)		Zonas húmedas ()		
Vegetación de la masadesplazada	No aplicable ()	Novegetada ()	Vegetación escasa (x)	Arbustos (x)	Árboles ()
Causa probable:	Erosión concentrada (x)	Deforestación ()	Apertura de vía ()	Presencia de agua ()	
	Cargas de construcción ()	Discontinuidades ()			
Factor disparador:	Desconocido ()	Lluvias ()	Construcciones ()	Apertura de vía (x)	
Daño:	No visible ()	Carreteras ()	Residencias ()	Áreas de cultivos ()	
Estabilización	No visible (x)	Muros ()	Canales ()	Drenes ()	Otros (x)
Tipo de material	Materiales de gravas con arcillas y limos				
FOTOGRAFIA					



Anexo 19. Descripción de afloramientos

Caracterización del Afloramiento N°2				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				
Coordenadas	X= 682262.98m	Y=9606965.16m	Z=3287m.s.n.m	Datum=	WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva	Capa 3: Basamento	
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 100 m	Altura: ± 5 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°2				Descripción	
				<p>Superficie. vegetación de tipo herbácea</p> <p>Capa 1: Encontramos una litología predominante de andesitas en un 97%.</p> <p>Capa 2: Suelo orgánico coloración negra</p>	
				<p>Capa 3:</p>	
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X =680792.24m	Y =9604656.88m	Z =3241m.s.n.m	Datum = WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	media	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±33m	Altura: ±9m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°3				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo herbácea	
				Capa 1: Encontramos suelo orgánico de 80 cm de alto	
				Capa 2: en la capa inferior esquistos de 1.2m	
				Capa 3:	
Ubicación referencial	Talud de vía				
Coordenadas	X= 680335.46m	Y=9603925.94m	Z=3331 m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	media	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±14m	Altura: ±2m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°4				Descripción	
				Superficie: vegetación de tipo herbácea y arbustiva	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: macizo rocoso medianamente meteorizado, rocas detríticas	
Ubicación referencial	Vía recién apertura				
Coordenadas	X= 679537.21m	Y= 9606490.42m	Z= 3274 m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima		Vegetación	Arbustivo		
Grado de Meteorización	Medianamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ± 10	Altura Total: ± 15 m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				
				Capa 3:	



Caracterización del Afloramiento N°5				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo arbórea	
				Capa 1: Suelo orgánico de coloración gris de potencia ± 0.2 m.	
				Capa 2: detritos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas con presencia de limos y arcillas	
Ubicación referencial	Vía recién aperturada				
Coordenadas	X=680324.21m	Y=9603877.57m	Z=3438 m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	arbórea		Capa 3:
Grado de Meteorización	Altamente meteorizada	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho:	Altura Total: ± 5			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°6				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo arbórea	
				Capa 1: La litología de este afloramiento es principalmente de rocas ígneas tipo granodioritas medianamente meteorizadas, la vegetación es arbustiva con presencia de suelo orgánico y lutitas alteradas. con sus datos estructurales de rumbo= S 13° O y un buzamiento de 35°	
				Capa 2:	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.				
Coordenadas	X= 681400.01 m	Y= 9605207.00 m	Z=3233 m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea y arbustiva		
Grado de Meteorización	Altamente meteorizado	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±25m	Altura Total: ±4m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°7		Descripción	
		Superficie. vegetación de tipo arbustiva	
		Capa 1: material limoso de coloración blanquecina, como también detritos sueltos por todo el afloramiento producto del desprendimiento de las zonas superiores	
		Capa 2:	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.		
Coordenadas	X= 680724.62m	Y= 9606522.09m	Z=2797m.s.n.m Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea y arbustiva
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico
Dimensiones	Ancho: ±25m	Altura Total: ±4m	
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:
Formación geológica	Formación Saraguro		



Caracterización del Afloramiento N° 9					Descripción	
					Superficie. vegetación de tipo arbustiva	
					Capa 1: material limoso de coloración blanquecina,	
					Capa 2:	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.					
Coordenadas	X= 681163.76m	Y= 9606564.16m	Z=2814m.s.n.m	Datum=	WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea y arbustiva			
Grado de Meteorización	Medio alto	Tipo de afloramiento	Antrópico			
Dimensiones	Ancho: ±25m	Altura Total: ±4m				
Datos estructurales	Rumbo:			Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro					



Caracterización del Afloramiento N°20				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo arbustiva	
				Capa 1: Andesita totalmente fracturada	
				Capa 2:	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.				
Coordenadas	X=680716.24m	Y=9606714.35m	Z=2785m.s.n.m	Datum=	WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbórea y arbustiva		
Grado de Meteorización	Medio	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±70m	Altura Total: ±30m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro				



Caracterización del Afloramiento N°38				Descripción	
				Superficie. vegetación de tipo arbustiva	
				Capa 1: Lutitas meteorizadas con alto grado de oxidación, con una coloración rojiza por los óxidos de hierro.	
				Capa 2:	
Ubicación referencial	Zona Nor-Este				
Coordenadas	X= 681825,71m	Y= 9607904,39m	Z= 2650 m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva		
Grado de Meteorización	Alto en ciertos sectores del afloramiento	Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±45	Altura Total: ±7m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro /Depósitos coluviales- Tobas Riolíticas				



Caracterización del Afloramiento N°39		Descripción	
		<p>Superficie. vegetación de tipo arbustiva</p>	
		<p>Capa 1: Conglomerado con matriz arcillosa, con alto grado de oxidación, rojiza y ploma, en ciertos puntos encontramos toba riolítica.</p>	
		<p>Capa 2: Material suelto, producto del desprendimiento del afloramiento.</p>	
Ubicación referencial	Zona Nor-Este de la zona estudiada		
Coordenadas	X=681818,309m	Y=9608315,09m	Z=2750 m.s.n.m Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva
Grado de Meteorización	ALTO	Tipo de afloramiento	Antrópico
Dimensiones	Ancho: ±19	Altura Total: ±6m	
Datos estructurales	Rumbo:	Buzamiento:	
Formación geológica	Depósitos coluviales- Tobas Riolíticas / Formación Saraguro		



Caracterización del Afloramiento N°41				Descripción
				<p>Superficie. Toba riolítica y vegetación arbustiva, este tipo de roca se lo encuentro en el campo con una dimensión aproximadamente 80 cm de alto, la roca tenía oxidación en ciertos sectores.</p> <p>Capa 1:</p> <p>Capa 2:</p>
Ubicación referencial	Zona Nor-Este de la zona estudiada			
Coordenadas	X=681540,77m	Y=9608200,43m	Z=2559 m.s.n.m	Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva	
Grado de Meteorización	ALTO	Tipo de afloramiento	Natural	
Dimensiones	Ancho: ±100 m²	Altura Total:		
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:	
Formación geológica	Depósitos coluviales- Tobas Riolíticas / Formación Saraguro			



Caracterización del Afloramiento N°44		Descripción	
		Superficie. Vegetación arbustiva	
		Capa 1: Afloramiento conformado por clastos y bloques de diferente tamaño, su matriz es limo arcilloso, su coloración es ploma y tiene una meteorización media.	
		Capa 2:	
Ubicación referencial	Zona Nor-Este de la zona estudiada		
Coordenadas	X=681485,267m	Y= 9608533,47mm	Z=2450m.s.n.m Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva
Grado de Meteorización	Media	Tipo de afloramiento	Antrópico
Dimensiones	Ancho: ± 15 m Altura Total: ±8 m		
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:
Formación geológica	Depósitos coluviales- Tobas Riolíticas / Formación Saraguro		



Caracterización del Afloramiento N°43		Descripción	
		<p>Superficie. Vegetación arbustiva</p> <p>Capa 1: Afloramiento Conformado por clastos y bloques de diferente tamaño, su matriz es limo arcilloso.</p> <p>Capa 2:</p>	
Ubicación referencial	Zona Nor-Este de la zona estudiada		
Coordenadas	X=681514,87m	Y=9608082,01m	Z=2628m.s.n.m Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	Arbustiva
Grado de Meteorización	Medio a alto	Tipo de afloramiento	Antrópico
Dimensiones	Ancho: ±14,5 m Altura Total: ± 7 m		
Datos estructurales	Rumbo:	Buzamiento:	
Formación geológica	Depósitos coluviales- Tobas Riolíticas / Formación Saraguro		



Caracterización del Afloramiento N°45		Descripción	
		Superficie: vegetación de tipo arbustiva	
		Capa 1: andesitas medianamente meteorizadas con matriz arcillosa, en ciertos lados material arenoso	
		Capa 2:	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.		
Coordenadas	X=681864,59m	Y=9605548,32m	Z=3150m.s.n.m Datum= WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	arbustiva
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico
Dimensiones	Ancho: ±17m Altura Total: ±8.5m		
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:
Formación geológica	Formación Saraguro/Depósitos fluviales		



Caracterización del Afloramiento N°46				Descripción	
				<p>Superficie. el tipo de vegetación es arbustiva con presencia de suelo orgánico</p> <p>Capa 1: roca ígnea (andesitas altamente meteorizadas con alto índice de oxidación), con matriz arcillosa</p> <p>Capa 2:</p>	
Ubicación referencial	Cerca de la vía.			Datum=	WGS
Coordenadas	X=681834,45m	Y=9605225,82m	Z=3148,5m.s.n.m	84	
Clima	Tropical	Vegetación	arbustiva		
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±17m	Altura Total: ±12 m			
Datos estructurales	Rumbo:			Buzamiento:	
Formación geológica	Formación Saraguro/Depósitos fluviales				



Caracterización del Afloramiento N°53				Descripción	
				<p>Superficie. el tipo de vegetación es arbustiva, en la parte superficial una capa de suelo orgánica</p> <p>Capa 1: roca andesita medianamente meteorizada y oxidadas de una coloración café.</p> <p>Capa 2:</p>	
Ubicación referencial	Cerca de la vía/ ocasionado por la construcción de la vía y para el lastre de la misma.				
Coordenadas	X=681855,55m	Y=9605165,54m	Z=3142.m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	arbustiva		
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±10m	Altura Total: ±7m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro/Depósitos fluviales				



Caracterización del Afloramiento N°54				Descripción	
				<p>Superficie. el tipo de vegetación es arbustiva, en la parte superficial una capa de suelo orgánica</p>	
				<p>Capa 1: andesitas medianamente meteorizadas, poco consolidadas debido a la apertura de vías, se pueden observar coloraciones cafés y rojizas debido a la cantidad de óxidos de hierro que contengan por consiguiente llevara a la mayor o menor meteorización</p>	
				<p>Capa 2:</p>	
Ubicación referencial	Cerca de la vía/ ocasionado por la construcción de la vía y para el lastre de la misma.				
Coordenadas	X= 681768,14m	Y= 9604794,81m	Z=3138.m.s.n.m	Datum=	WGS 84
Clima	Tropical	Vegetación	arbustiva		
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±18m	Altura Total: ±m			
Datos estructurales	Rumbo:			Buzamiento:	
Formación geológica	Formación Saraguro /Depósitos fluviales				



Caracterización del Afloramiento N°55				Descripción	
				<p>Superficie. el tipo de vegetación es arbustiva, en la parte superficial una capa de suelo orgánica</p>	
				<p>Capa 1: andesitas medianamente meteorizadas, poco consolidadas debido a la apertura de vías, se pueden observar coloraciones cafés y rojizas debido a la cantidad de óxidos de hierro que contengan por consiguiente llevara a la mayor o menor meteorización</p>	
				<p>Capa 2:</p>	
Ubicación referencial	Cerca de la vía/ ocasionado por la construcción de la vía y para el lastre de la misma.				
Coordenadas	X= 681765,13m	Y= 9603664,54m	Z=3150.m.s.n.m	Datum= WGS 84	
Clima	Tropical	Vegetación	arbustiva		
Grado de Meteorización		Tipo de afloramiento	Antrópico		
Dimensiones	Ancho: ±18m	Altura Total: ±m			
Datos estructurales	Rumbo:		Buzamiento:		
Formación geológica	Formación Saraguro/Depósitos fluviales				



Anexo 20. Descripción geomorfológica

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA										
CÓDIGO	1	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA						
POSICIÓN OBSERVADOR	Frente			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica			
1. UBICACIÓN				Fluvial			Afloramiento Rocoso			
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S								
CANTÓN	Saraguro	X (m)	677791.07	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9605430.78	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 (X)
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	3680 m.s.n.m.	Redondeada (x)	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			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()
Arbustivo ()							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 (x)			
Páramo (X)							Larga 250 a 500 () Muy larga >500 ()			
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA				
Presencia de quebrada al pie del afloramiento periglaciár										



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	2	FECHA	2/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Frente			Unidad Ambiental				Unidad geomorfológica			
1. UBICACIÓN				Fluvial				Barranco			
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología				Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	680980.93	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9606818.08	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 (x)	
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	2650 m.s.n.m.	Redondeada (x)	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 No se evidencia árboles en la geoforma			Irregular ()		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()	
Arbustivo (x)					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 (x)	
								Larga 250 a 500 ()	Muy larga >500 ()		
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.						FOTOGRAFÍA					
Presencia de quebrada al pie del barranco.											



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	3	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					Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
CANTÓN	Saraguro	X (m)	679329.57	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 ()	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	96055017.50	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Muy suave 2 a 5 ()	Muy fuerte 70 a 100 ()	5 a 15 ()	100 a 200 (X)	
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	3492.56m.s.n.m.	Redondeada (X)	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 Presencia reducida de árboles y hierba seca			Irregular (X)		Media 12 a 25 ()	Muy escarpado 150 a 200 ()	25 a 50 ()	>300 ()	
Arbustivo ()					Mixta ()		Media a fuerte 25 a 40 (X)	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 ()		
Páramo (X)								Larga 250 a 500 (X)	Muy larga >500 ()		
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA					
Existencia de quebrada en el pie de la vertiente, déficit vial											



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA										
CÓDIGO	4	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA						
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral	Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica					
1. UBICACIÓN				Vertientes			Vertiente rectilínea con fuerte disección			
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría			
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S					Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
CANTÓN	Saraguro	X (m)	68128035.01	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle				
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9607822.88	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	2650.35m.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 (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 ()	Muy larga >500 (X)	
OTROS ASPECTOS (Situación hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)						FOTOGRAFÍA				
Presencia de caminos de herradura.										



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)	678347.99	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9605802.70	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 ()	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	3748.01 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 (X)							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, déficit vial.											



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

DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA														
CÓDIGO	19	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA										
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral			Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica							
1. UBICACIÓN				Laderas			Vertiente Heterogénea							
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría							
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S												
CANTÓN	Saraguro	X (m)	681359.48	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)					
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9608465.36	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 (x)				
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	2450,01m.s.n.m.	Redondeada (x)	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 Presencia de hierba seca					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)	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 quebrada en el pie de la vertiente, presencia de caminos de herradura														



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA											
CÓDIGO	3	FECHA	1/8/2022	2. GEOMORFOLOGÍA							
POSICIÓN OBSERVADOR	Lateral	Unidad Ambiental			Unidad geomorfológica						
1. UBICACIÓN				Laderas			Vertiente heterogénea con fuerte disección				
DIVISIÓN POLÍTICA		LOCALIZACIÓN		Morfología			Morfometría				
PROVINCIA	Loja	WGS 84 ZONA 17S									
CANTÓN	Saraguro	X (m)	681359.48	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)		
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9608465.36	Aguda ()	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()	
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	2450.01m.s.n.m.	Redondeada (x)	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 Presencia de árboles			Irregular (x)		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							
Presencia de caminos de herradura.											



DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA										
CÓDIGO	23	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)	682074.66	Forma de Cima	Forma de Vertiente	Forma de Valle	Pendiente (%)		Desnivel Relativo (m)	
PARROQUIA	Selva Alegre	Y (m)	9606490.70	Aguda (X)	Cóncavo ()	En U ()	Plano 0 a 2 ()	Fuerte 40 a 70 (X)	0 a 5 m ()	50 a 100 ()
SECTOR	Oeste	Z (m.s.n.m)	2950.01m.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 ()							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.										



Anexo 21. Certificado de traducción de resumen

Loja, 4 de abril de 2023

Yo, Cesar Plutarco Ramírez Pineda, con número de cédula de identidad 1102657952
Licenciado en Ciencias de la Educación en la Especialidad de Idioma Inglés.

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 Oeste de la Parroquia Selva Alegre, Cantón Saraguro, Provincia de Loja**”, elaborado por el Sr. Luis Santiago Villafuerte Encalada con número de cédula de identidad 1105578495, 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. Cesar Plutarco Ramírez Pineda

REGISTRO SENESCYT: 1008-06-679643