



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

**Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía
Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600,
parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.**

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

AUTORA:

Vanessa Fernanda Romero Asanza

DIRECTOR:

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima MSc.

Loja – Ecuador

2024



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Certificación

Loja, 27 de mayo de 2024

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas Km 10+900 hasta Km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.**, previo a la obtención del título de Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de autoría de la estudiante **Vanessa Fernanda Romero Asanza**, con **cédula de identidad Nro. 0706461860**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



unl

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Autoría

Yo, **Vanessa Fernanda Romero Asanza**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de Identidad: 0706461860

Fecha: 27 de mayo de 2024

Correo electrónico: vfromero@unl.edu.ec

Teléfono: 0969530961

**unl**Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

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

Yo, **Vanessa Fernanda Romero Asanza**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas Km 10+900 hasta Km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintisiete días del mes de mayo de dos mil veinticuatro.

Firma:

Autora: Vanessa Fernanda Romero Asanza

Cédula de Identidad:0706461860

Dirección: Zamora, Zamora Chinchipe

Correo electrónico: vfromero@unl.edu.ec

Teléfono: 0969530961

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Oscar Adrián Estrella Lima, MSc.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Dedicatoria

Con mucho amor y entusiasmo dedico el presente del Trabajo de Titulación a Dios y a la Virgen de El Cisne en quien he depositado firmemente mi fe en el transcurso de mis estudios universitarios, a ellos por ser mi guía y luz en el camino, por brindarme la fortaleza necesaria para llegar a término uno de mis anhelos más deseados.

A mi hija Brianna, por ser el motor que me impulsa a superar y mi razón para no rendirme, en especial a ti mi pequeña hija, por la enorme paciencia y comprensión durante esta carrera que nos ha costado sacrificio a ambas, pero que, finalmente la hemos terminado con la bendición de un título profesional.

A mi familia, por su infinito apoyo y comprensión incondicional durante este largo pero fructífero proceso, a mis padres y hermanos, por cada consejo, por forjar en mí principios, valores y el coraje para alcanzar mi título profesional, a mis sobrinos por ser inspiración para mejorar cada día.

A mi esposo David, por su apoyo constante y ser mi soporte día tras día, por cada palabra de aliento y motivación brindada, a él gracias por su paciencia y tolerancia a lo largo de esta carrera.

Vanessa Fernanda Romero Asanza



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Agradecimiento

Expreso mi sincera gratitud a Dios por cada bendición recibida y por ser mi inspiración en este camino universitario.

A mi esposo e hija, quienes han sido el apoyo fundamental para lograr este título tan ansiado, por siempre estar ahí, alentándome y acompañándome, aun cuando sentía desfallecer, a ustedes que vivieron conmigo cada paso de mi formación académica y han sido testigos de mis esfuerzos y sacrificios, gracias por su incuestionable ayuda y paciencia. Este logro también es de ustedes.

Gracias a mis padres y hermanos por su preocupación y oraciones, por ser quienes con palabras de coraje y fortaleza me animaban y escuchaban cuando lo necesitaba, gracias por siempre estar pendiente de mí y de mi desarrollo académico, por estar presente aún la distancia y brindarme permanentemente tiempo, apoyo y motivación, a Uds. mi eterno agradecimiento.

Agradezco a toda la planta docente de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por la formación y conocimientos impartidos, de manera especial, al Ing. Oscar Estrella, por su predisposición, tiempo y ayuda durante la dirección de la investigación. A las estimadas ingenieras Ximena Ochoa y Jeanine Azanza por ser guía y consejo en el desarrollo de la misma.

Agradezco a los apreciados ingenieros Fermín González y Julio Romero por cada palabra de motivación y por la cooperación brindada desde sus funciones dentro de la carrera y facultad.

Vanessa Fernanda Romero Asanza



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

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 fotografías.....	xiii
Índice de anexos.....	xiv
1. Título	1
2. Resumen.....	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico.....	6
4.1. Geología.....	6
4.2. Petrología.....	6
4.3. Petrografía	6
4.4. Mineralogía.....	7
4.5. Roca	7
4.5.1.Rocas ígneas	8



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

4.5.2.Rocas metamórficas.....	9
4.5.3.Rocas sedimentarias	9
4.6. Geología estructural.....	9
4.6.1.Estructuras geológicas	10
4.6.1.1. Pliegues.....	11
4.6.1.2. Fallas	11
4.6.1.3. Diaclasas	12
4.6.1.4. Discordancias.....	12
4.7. Datos estructurales.....	12
4.7.1.Rumbo	12
4.7.2.Buzamiento.....	13
4.7.3.Dirección de inclinación.....	13
4.8. Fotogeología (fotointerpretación).....	13
4.9. Levantamiento geológico estructural.....	14
4.10. Mapa geológico	15
4.10.1.Tipos de mapa geológico	15
4.10.2.Métodos de mapeo.....	16
4.11. Topografía	16
4.11.1.Levantamiento topográfico.....	17
4.11.2.Mapa topográfico.....	17
5. Metodología	18
5.1. Descripción general del área de estudio	18
5.1.1.Ubicación geográfica.....	18
5.1.2.Acceso	19
5.2. Descripción biofísica del área de estudio	20



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la
vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km
14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

5.2.1.Clima	20
5.2.2.Hidrografía	20
5.2.3.Geomorfología.....	21
5.2.3.1. Relieve colinado alto (RCA).....	21
5.2.3.2. Relieve colinado muy alto (RCMA)	22
5.2.3.1. Relieve montañoso (RM).....	22
5.2.3.2. Relieve coluvión antiguo (RCvA)	23
5.2.4.Topografía	24
5.2.5.Pendientes.....	26
5.2.6.Amenazas sísmicas.....	26
5.2.7.Amenaza por movimientos en masa.....	27
5.2.8.Geología regional	27
5.3. Materiales	29
5.4. Métodos	30
5.4.1.Técnicas.....	31
5.5. Procedimiento.....	31
5.6. Metodología.....	33
5.6.1.Metodología para el primer objetivo	34
5.6.2.Metodología para el segundo objetivo	43
5.6.3.Metodología para el tercer objetivo.....	49
6. Resultados.....	50
7.1. Resultados del primer objetivo	50
7.1.1.Geología local.....	50
7.1.1.1. Rocas intrusivas	50
7.1.1.2. Unidad Agoyán	53



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

7.1.2. Geología estructural.....	58
7.1.2.1. Fallas inferidas	58
7.1.2.2. Micropliegue	59
7.1.2.3. Contacto litológico.....	60
7.2. Resultados del segundo objetivo	60
7.2.1. Caracterización macroscópica	60
7.2.1.1. Muestra LGE _{SSA} -VR- 001-I.....	61
7.2.1.2. Muestra LGE _{SSA} -VR- 002-I.....	63
7.2.1.3. Muestra LGE _{SSA} -VR- 003-M.....	65
7.2.1.4. Muestra LGE _{SSA} -VR- 004-M.....	66
7.3. Resultados del tercer objetivo.....	67
7.3.1. Cartografía geológica	67
7. Discusión de resultados.....	69
8. Conclusiones	71
9. Recomendaciones	73
10. Bibliografía	74
11. Anexos	77



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Índice de tablas:

Tabla 1. Coordenadas de ubicación del área de estudio.....	18
Tabla 2. Unidades geomorfológicas del área de estudio	21
Tabla 3. Altitudes del área de estudio	24
Tabla 4. Clasificación de pendientes del área de estudio	26
Tabla 5. Materiales y equipos utilizados.....	29
Tabla 6. Ubicación de la Hoja Geológica de Loja, escala 1:100 000.....	36
Tabla 7. Términos adoptados para diferenciación de esquistos, según el grado de alteración	38
Tabla 8. Ubicación geográfica de afloramientos.....	39
Tabla 9. Ficha de descripción de afloramientos	40
Tabla 10. Identificación de muestras de interés petrográfico.....	41
Tabla 11. Etiqueta para muestras de interés petrográfico.....	41
Tabla 12. Ubicación geográfica de muestras recolectadas.....	42
Tabla 13. Ficha de descripción petrográfica.....	48
Tabla 14. Ubicación de afloramientos de granodiorita	51
Tabla 15. Ubicación de afloramientos de alteración baja.....	53
Tabla 16. Ubicación de afloramientos de alteración media	55
Tabla 17. Ubicación de afloramientos de alteración alta	56
Tabla 18. Análisis petrográfico de granodiorita LGE _{SSA} -VR-001-I	62
Tabla 19. Análisis petrográfico de granodiorita LGE _{SSA} -VR-002-I	64



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Índice de figuras:

Figura 1. Ciclo de las rocas	8
Figura 2. Estructuras geológicas	10
Figura 3. Toma de datos estructurales.....	13
Figura 4. Ubicación del área de estudio	18
Figura 5. Acceso al área de estudio.....	19
Figura 6. Red hídrica del área de estudio	20
Figura 7. Perfil topográfico A – A’	25
Figura 8. Perfil topográfico B – B’	25
Figura 9. Geología regional del área de estudio.....	28
Figura 10. Procedimiento de trabajo	32
Figura 11. Estimación de la composición porcentual	45
Figura 12. Diagrama de Streckeisen para clasificación rocas ígneas intrusivas	46
Figura 13. Clasificación de rocas metamórficas comunes	47



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Índice de fotografías:

Fotografía 1. Unidad geomorfológica de relieve colinado alto	22
Fotografía 2. Unidad geomorfológica de relieve colinado muy alto	22
Fotografía 3. Unidad geomorfológica de relieve montañoso.....	23
Fotografía 4. Unidad geomorfológica de coluvión antiguo	23
Fotografía 5. Levantamiento geológico - estructural en campo.....	37
Fotografía 6. Etiquetado de muestras de interés petrográfico.....	42
Fotografía 7. Caracterización petrográfica de muestras.....	43
Fotografía 8. Afloramiento de granodiorita AF-007.....	51
Fotografía 9. Afloramiento de granodiorita AF-008.....	52
Fotografía 10. Afloramiento de esquistos de alteración baja AF-017.....	54
Fotografía 11. Afloramiento de esquistos de alteración media AF-020.....	55
Fotografía 12. Afloramiento de esquistos de alteración alta AF-010.....	56
Fotografía 13. Afloramiento de esquistos (laminar) de alteración alta AF-018.....	57
Fotografía 14. Pliegue sinclinal	59
Fotografía 15. Contacto litológico	60
Fotografía 16. Muestra LGE _{SSA} -VR- 001-I.	61
Fotografía 17. Muestra LGE _{SSA} -VR- 002-I.	63
Fotografía 18. Muestra LGE _{SSA} -VR- 003-M.	65
Fotografía 19. Muestra LGE _{SSA} -VR- 004-M.	66



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Índice de anexos:

Anexo 1. Análisis geológico por fotointerpretación.	77
Anexo 2. Fichas de descripción de afloramientos.....	83
Anexo 3. Fichas de descripción petrográfica.	91
Anexo 4. Mapa de ubicación.....	95
Anexo 5. Mapa de red hídrica.	96
Anexo 6. Mapa geomorfológico.	97
Anexo 7. Mapa topográfico.	98
Anexo 8. Mapa de pendientes.	99
Anexo 9. Mapa geológico regional.	100
Anexo 10. Mapa de unidades litológicas.	101
Anexo 11. Mapa de ubicación de afloramientos.....	102
Anexo 12. Mapa geológico – estructural.	103
Anexo 13. Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Titulación.....	104



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

1. Título

Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar -Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

2. Resumen

El levantamiento geológico estructural a escala 1:1 000, realizado en el tramo de la vía Solamar – Solamar Alto, en la parroquia El Valle, al norte del cantón Loja, provincia de Loja, comprende una extensión de 153,72 Ha y se caracteriza por el dominio de relieves montañoso y colinado muy alto con pendientes de rango entre muy inclinadas ($15 - 35^\circ$) y empinadas ($35 - 55^\circ$). Hidrográficamente, el área de estudio contiene las quebradas Guambo y Puralta, las cuales corresponden a ser afluentes de la cuenca río Zamora.

Al ser el objetivo principal de la presente investigación, determinar las condiciones geológicas estructurales del área, la caracterización geológica se realizó mediante el método de mapeo por afloramientos, a partir del que se ha identificado la presencia de dos unidades litológicas; Unidad Agoyán, siendo predominante en el área con el 96,16% misma que está compuesta por material metamórfico como esquistos biotíticos, los cuales para representación y detalle en la cartografía geológica estructural, se consideró diferenciarlos de acuerdo al grado de alteración, entre ellos encontrándose esquistos de alteración baja expuestos al NE y SW del área, con una superficie de 16,00 Ha equivalente a 10,41% del territorio total. Así también, se presenció esquistos de alteración media con mayor presencia al NE y en menor proporción al SW comprendiendo un total de 20,86 Ha correspondiente a 13,57% del área y, finalmente dentro de esta unidad metamórfica, se evidenció esquistos de alteración alta ubicándose ampliamente distribuidos a lo largo del polígono desde el NE al SW abarcando 110,96 Ha concerniente a 72,18% del total del área territorial. En cuanto a la segunda unidad litológica, esta corresponde a rocas intrusivas compuestas por granodiorita, la cual se expone al NE del área en una pequeña superficie, alcanzando el 3,84% correspondiente a 5,90 Ha del área total, y de las que, microscópicamente se ha identificado que presenta una coloración gris moteada con tonalidades de color blanco y negro, de contenido mineralógico compuesto principalmente por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, biotita y en menor proporción hornblenda.

En referencia a la geología estructural, el área está caracterizada por la presencia de un micropliegue sinclinal y un contacto litológico observados en campo, además, tres fallas inferidas y una estructura periclinal identificadas mediante fotointerpretación.

Palabras claves: Geología estructural, levantamiento geológico, mapeo por afloramientos, descripción petrográfica.



Abstract

The structural geological survey at a scale of 1:1.000, carried out on the section of the Solamar – Solamar Alto Road, El Valle parish, north of the Loja canton, Loja province, covers an area of 153.72ha and is characterized due to the domain of mountainous and very high hilly reliefs with slopes ranging from very steep (15 – 35°) to steep (35 – 55°). Hydrographically, the study area contains the Guambo and Puralta streams, which correspond to being tributaries of the Zamora River basin.

The main aim of this research is to determine the structural geological conditions of the area, the geological characterization was carried out using the outcrop mapping method, from which the presence of two lithological units has been identified; Agoyán Unit, being predominant in the area with 96.16% of it being composed of metamorphic material such as biotite schists, which for representation and detail in the structural geological cartography, it was considered to differentiate them according to the degree of alteration, among them being low alteration shales exposed to the NE and SW of the area, with an area of 16.00 ha equivalent to 10.41% of the total territory. Likewise, medium alteration schists were present with a greater presence to the NE and in a less proportion to the SW, comprising a total of 20.86 ha corresponding to 13.57% of the area and, finally, in this metamorphic unit, high alteration schists were evident, located widely distributed throughout the polygon from the NE to the SW, covering 110.96 ha, concerning 72.18% of the total territorial area. As for the second lithological unit, this corresponds to intrusive rocks composed of granodiorite, which is exposed to the NE of the area on a small surface, reaching 3.84% corresponding to 5.90 ha of the total area, and of which, microscopically it has been identified that it has a mottled gray color with shades of black and white, with mineralogical content composed mainly of plagioclase, potassium feldspar, quartz, biotite and to a less extent hornblende.

In reference to structural geology, the area is characterized by the presence of a synclinal microfold and a lithological contact observed in the field, in addition, three inferred faults and a periclinal structure identified through photointerpretation.

Keywords: Structural geology, geological survey, outcrop mapping, petrographic description.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

3. Introducción

Ecuador por su situación geográfica, relieve, clima, uso del suelo, expansión demográfica y desarrollo económico, está expuesto continuamente a diferentes tipos de riesgos geológicos y climáticos naturales de mayor o menor escala de intensidad y/o magnitud. Específicamente, en la región sur del país, se centran los escenarios de mayor grado de susceptibilidad del terreno, así como factores desencadenantes naturales y antrópicos que propician la inestabilidad.

A ello se añade, la poca o inexistente información geológica de las zonas alejadas a la urbe, la cual impide la facultad de gestionar un adecuado uso de suelo, generando una planificación territorial deficiente de las zonas de riesgos y zonas de expansión urbana del cantón Loja. Así mismo, se conoce que, a nivel cantonal, las amenazas con mayor incidencia son los movimientos en masa, los cuales en eventos históricos según (Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador, 2018), han existido 211 casos registrados, siendo los de mayor repercusión los suscitados en la zona urbana de Loja con 122 eventos.

Además, según Vialsur EP (2019), el estado de las vías inter parroquiales es deficiente, escenario que se presenta en la mayoría de las parroquias. Desde este punto y tomando en cuenta las afectaciones de los movimientos en masa, junto al débil sistema de conectividad vial de la zona, el cual carece de condiciones adecuadas (predomina tierra y lastre), se considera que son altas las afectaciones a la población de los barrios marginales.

Bajo estas premisas, la presente investigación está limitada al estudio geológico estructural de la vía que conduce al barrio Solamar Alto desde el barrio Solamar, con un trayecto de recorrido de 3,75 km en el área geográfica del cantón Loja, al norte del mismo, ya que de acuerdo al PDOT (2019-2023) se han identificado vías y carreteras de las parroquias noroccidentales con mayor susceptibilidad de movimientos en masa; así como asentamientos humanos susceptibles de inundaciones, permitiendo determinar y evaluar la calidad de los materiales, así como definir el modelo geológico de la zona de estudio, que además podría ser la base preliminar para estudios posteriores e influir en el mejoramiento de la vialidad y conexión entre los barrios Solamar y Solamar Alto, puesto que la comunicación entre poblaciones permite el desarrollo cultural, económico y social de las mismas.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Para el desarrollo de la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Realizar el levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio.
- Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico la litología encontrada en el sector.
- Elaborar el mapa geológico – estructural de la vía Solamar – Solamar Alto a escala 1:1000.



4. Marco teórico

4.1. Geología

El concepto de geología proviene del griego *Geo*, “Tierra” y *logos*, “estudio”, es decir, se trata del estudio de la Tierra. Según la Real Academia de la Lengua Española, la Geología se define como: "La ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre; de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación".

Tal como aduce Blyth y de Freitas, (2000) la geología es la ciencia encargada de estudiar la Tierra, las rocas y los procesos de su formación en un tiempo geológico, se encarga del estudio a detalle de las litologías desde el fondo del océano hasta las cimas de las montañas, considerando la mineralización, estratos, estructuras geológicas, contactos litológicos, está relacionada con la paleontología, geoquímica, geofísica; ciencias que ayudan a estudios más específicos.

De acuerdo a Tarbuck y Lutgens, (2005) la geología tradicionalmente se divide en dos áreas: Por un lado, la geología física, que basa su estudio en los materiales que componen la tierra y en el análisis de procesos endógenos y exógenos del planeta tierra. Por otra parte, la geología histórica que estudia el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo.

4.2. Petrología

Cepeda (1985), sostiene que la petrología es la rama de la geología que se ocupa del estudio de las rocas, por lo tanto, analiza las rocas en todos sus aspectos y sus relaciones con otras. Para el efecto de dichos estudios, la petrología se apoya en observaciones de campo y en análisis de laboratorio, como químicos, físico - químico y mineralogía óptica.

4.3. Petrografía

Según plantea Cepeda (1985), la parte de la petrología que se ocupa de los aspectos descriptivos de las rocas, tales como la forma, estructuras, texturas, composición y clasificación, se denomina petrografía.

En efecto, la petrografía se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas atendiendo a la composición mineralógica y estructura, especialmente microscópica. Puede considerarse complementaria o parte de la petrología, disciplina, más amplia que extiende su interés al origen, distribución e historia de las rocas.



Desde el punto de vista de Castro (1989), la petrografía permite conocer la naturaleza de los cristales o granos que componen una roca, las relaciones mutuas entre ellos, su abundancia relativa, llevando finalmente a la clasificación de la roca y a la asignación de un nombre sistemático, (p.18).

4.4.Mineralogía

La mineralogía es la rama de las ciencias geológicas que estudia a detalle los minerales, su composición y procesos de formación que suceden en la corteza terrestre.

De acuerdo a la definición de Ovejero (2015), es una ciencia de la geología dedicada al estudio de la estructura cristalina y las propiedades intrínsecas de los minerales. Además, sustenta que esta ciencia, aborda el conocimiento específico de la morfología geométrica y relación con las propiedades ópticas que conducen al conocimiento de minerales petrogenéticos y de mena. La mineralogía abarca distintas ramas que están orientadas al conocimiento físico – químico de modo que constituye una importante ayuda para identificarlos y caracterizarlos.

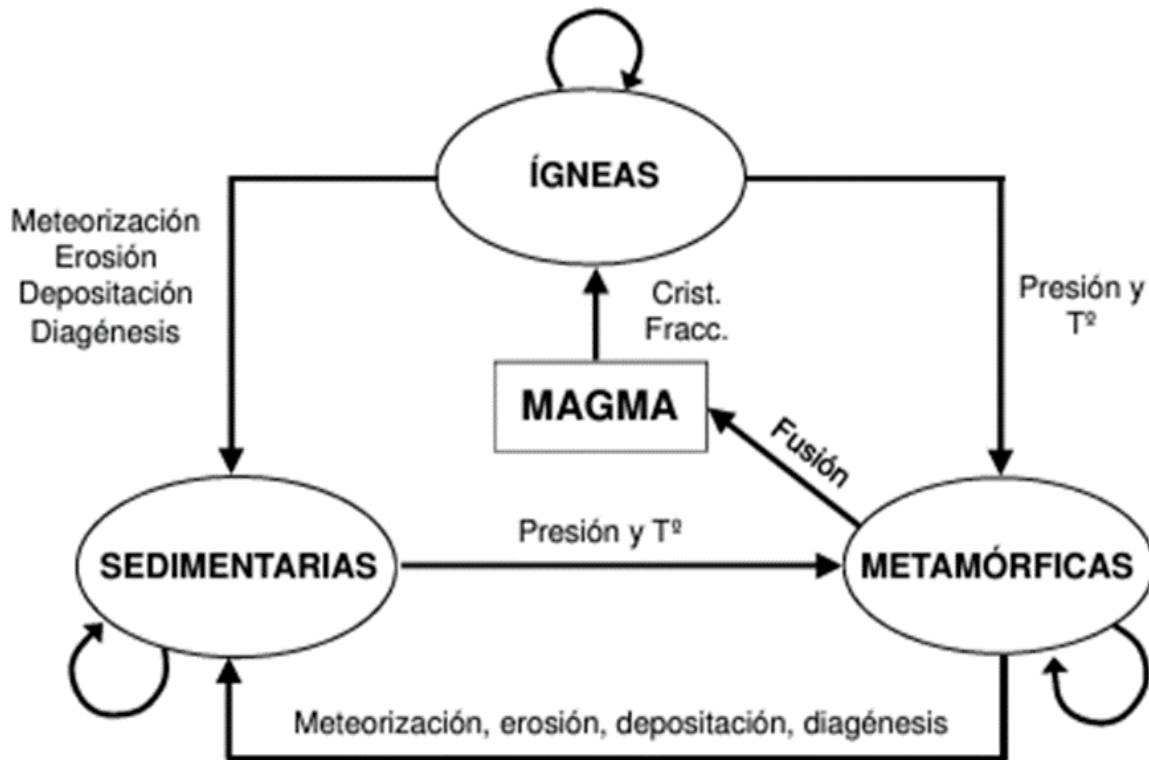
4.5.Roca

Una *roca* es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la Tierra y su importancia en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron. Según Bowen & Schairer, (1956), una *roca* se define como una asociación inorgánica de uno o varios minerales originados en forma natural por procesos geológicos endógenos o exógenos.

Tarback & Lutgens (2005), señalan que: “La naturaleza y el aspecto de una roca están fuertemente influidos por los minerales que la componen. Además, la textura de una roca, es decir, el tamaño, la forma o la disposición de los minerales que la constituyen, también tiene un efecto significativo en su aspecto. La composición mineral y la textura de una roca, a su vez, son el reflejo de los procesos geológicos que la crearon.

Las rocas pueden ser muy variadas, el Ciclo de las Rocas (*ver figura 1*) que lleva a su formación ha estado repitiéndose por millones de años y de este solo podemos observar sus productos, las rocas que existen hoy. Los procesos de formación de las rocas en la Tierra seguirán funcionando en el tiempo, variando estos en duración y/o intensidad. Según su origen se clasifican en tres tipos: rocas ígneas, rocas sedimentarias y metamórficas.

Figura 1. Ciclo de las rocas



Nota: Tomado de (Rocas ígneas, Fraga H., Polare, M. & Antola M., 2017).

4.5.1. Rocas ígneas

Las rocas ígneas (del latín ignius, “fuego”) se originan a partir de un líquido compuesto principalmente por roca fundida, gases disueltos y cristales en suspensión, al que llamamos magma. Este se abre camino hacia arriba y a medida que asciende por la corteza se va enfriando dando origen por cristalización fraccionada a los minerales que forman las rocas ígneas plutónicas o intrusivas formadas por cristales gruesos y reconocibles. Por su parte, cuando el magma asciende va perdiendo los gases que contiene transformándose en lava que se derrama sobre la superficie de la corteza terrestre; esta puede fluir y enfriarse rápidamente al exponerse a la temperatura ambiente, formando las rocas ígneas volcánicas o efusivas.

Atendiendo a su grado de cristalización, se distinguen tres tipos de texturas:

- Holocristalina: Es la textura que está constituida por pequeños cristales.
- Hipocristalina: Es la textura que presenta cristales dentro de una matriz vítrea.
- Vítrea: Es la textura que presenta una masa amorfa con aspecto de vidrio.



4.5.2. Rocas metamórficas

Del griego meta, “cambio”, y morph, “forma”, las rocas metamórficas son las rocas alteradas y modificadas con respecto a su forma original, siendo las más complejas de todas dado a que los procesos de su génesis pueden ser muy variados.

Las rocas metamórficas básicamente se forman cuando, ya sea rocas ígneas, sedimentarias o incluso metamórficas cambian de ambiente geológico y se exponen a una presión y temperatura diferentes en la corteza, resultando de ese cambio una nueva roca con características texturales distintas, pero con una composición química similar.

Las rocas metamórficas muestran gran variedad de texturas, que varían según la forma, el tamaño y la disposición de los cristales que las componen. Sus texturas se clasifican en:

- a. Pizarrosa: De foliación plana y cristales muy pequeños, no observables a simple vista.
- b. Esquitosa: Su foliación es ondulada y sus cristales son observables a simple vista.
- c. Gneísica: Con presencia de cristales muy grandes que forman bandas claras y oscuras alternadas.
- d. Sin foliación: Sus cristales se distribuyen al azar en todas las direcciones.

4.5.3. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se forman por la “litificación” de sedimentos sueltos provenientes de la meteorización y erosión de rocas o macizos rocosos preexistentes en la corteza terrestre. Es decir, que los sedimentos para formar las rocas sedimentarias provienen del desgaste de cualquier tipo de roca que esté expuesta en la superficie y pueden ser pequeñas partes de roca y minerales.

Estas rocas muchas veces pueden albergar fósiles (restos de organismos del pasado), evidencias de su actividad, improntas o moldes, permitiendo así conocer la historia y evolución de la vida y los ambientes en la Tierra, aunque éstos pueden observarse también en algunas rocas metamórficas de origen sedimentario.

4.6. Geología estructural

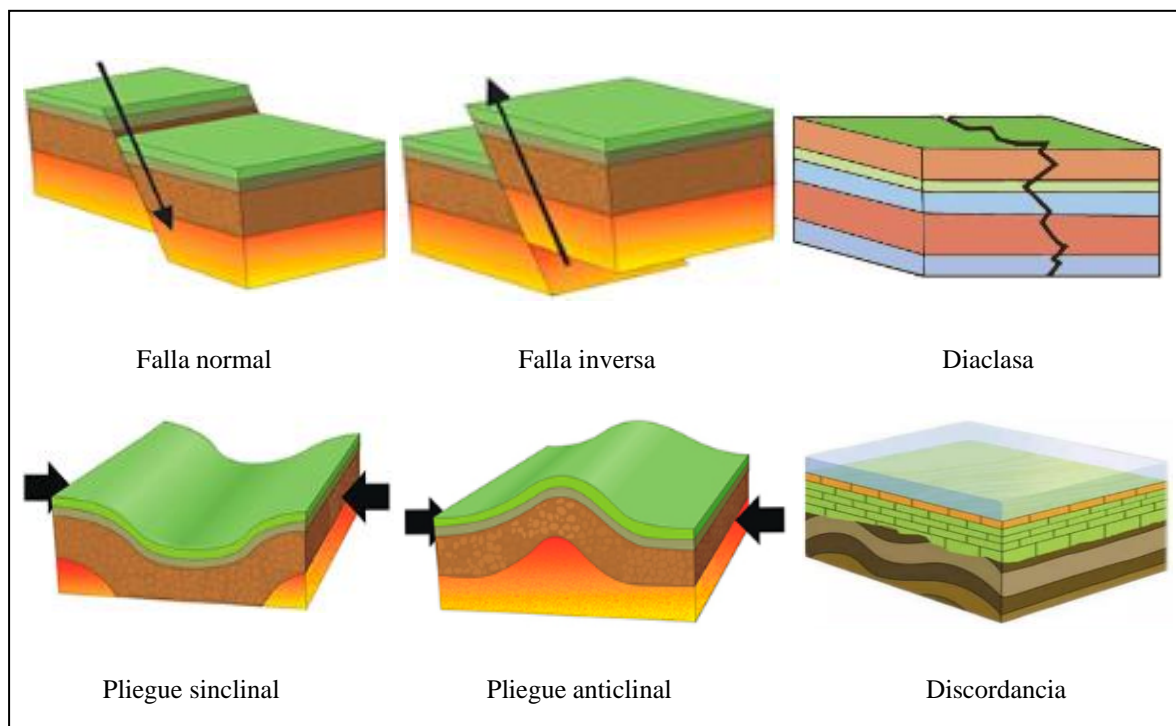
La geología estructural es la disciplina que se ocupa del estudio y análisis morfológico y geométrico de las deformaciones que sufren los materiales de la corteza terrestre. Su objetivo es reconocer, analizar y sistematizar estructuras.

Según (Belousov, 1979), “La geología estructural es una parte de geotectónica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionadas con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones en que en ella tienen lugar”.

La importancia de esta disciplina geológica para la sociedad se manifiesta particularmente en dos campos: en forma de proyectos en estudio para obras de ingeniería (edificación, obras lineales, aprovechamientos hidráulicos, etc.) y como herramienta de prevención para la mitigación y control de riesgos geológicos.

4.6.1. Estructuras geológicas

Figura 2. Estructuras geológicas



Nota: Tomado de (Atlas didáctico, IGN, España).

Estructuras son los rasgos físico-geométricos mayores que presentan las rocas, sedimentos y suelos e indican las condiciones de su formación, así como los cambios físicos posteriores que los han afectado. Todas las estructuras tienen importancia para entender distintos procesos geológicos y algunas, son de interés económico por las sustancias que contienen. Las estructuras geológicas se identifican en cualquier tipo de roca y se forman en todos los ambientes geológicos, originándose en función de esfuerzos, presión y tipo de roca existente, por lo que se dividen en estructuras primarias y secundarias.



a. Estructuras primarias:

Las estructuras primarias se originan paralelamente a la formación de las rocas producto de su depósito o su emplazamiento. Sus características se encuentran presentes antes de la deformación. Pueden ocurrir en rocas ígneas y sedimentarias (Arellano Gilet al., 2002, pág. 6). Estas estructuras debido a su forma, arreglo, geometría y tipo de roca son de gran importancia para la interpretación de facies, ambiente de depósito, procesos de sedimentación o emplazamiento y son muy útiles para identificar polaridad (base y cima de las capas) de secuencias ígneas y/o sedimentarias.

b. Estructuras secundarias:

Las estructuras secundarias son aquellas que adquieren las rocas, posteriormente a su litificación debido a un estado de esfuerzo y por cambios en la temperatura. Se pueden desarrollar tanto en rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas; sus características finales dependen de diversos factores, entre otros, la propia naturaleza de las rocas sujetas al proceso de deformación (Arellano Gil et al., 2002, pág. 6 - 7).

4.6.1.1. Pliegues.

Son estructuras de deformación, producto generalmente de esfuerzos compresivos. Se producen cuando las rocas se pliegan en condiciones de presión y temperatura altas, lo que les confiere la ductilidad necesaria para que se generen los pliegues. Desde el punto de vista geológico, los pliegues son estructuras que involucran aspectos litológicos, geométricos y estratigráficos (cronológicos). Alcanzan su mayor desarrollo en formaciones estratificadas tales como rocas sedimentarias y volcánicas, o sus equivalentes metamorfizados. (Billings, 1954). Los dos tipos de pliegues más comunes son los anticlinales y sinclinales.

4.6.1.2. Fallas

Las fallas son superficies de discontinuidad que separan bloques de roca donde ha ocurrido desplazamiento de bloques con movimiento paralelo al plano de discontinuidad.

Según Billings (1974), “Las fallas son rupturas a lo largo de las cuales las paredes opuestas se han movido la una con relación a la otra”. Tarbuck & Lutgen (2005), indican que los dos tipos principales de fallas con desplazamiento vertical se denominan fallas normales y fallas inversas.



4.6.1.3. Diaclasas

Según Tarbuck & Lutgens, (2005), diaclasas son las fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos.

De otra forma, son fracturas no visibles a simple vista. La diferencia entre falla y diaclasa reside en la escala de observación, ya que una falla a escala local puede resultar una diaclasa a escala regional. Las diaclasas no suelen aparecer aisladas, sino asociadas a fallas y a pliegues. Cuando existen dos o más conjuntos de diaclasas, se habla de un sistema de diaclasas.

4.6.1.4. Discordancias

Billings (1954), las describe como “Una superficie de erosión, o de no deposición, que separa estratos más jóvenes de rocas más antiguas. El desarrollo de una discordancia comprende varias etapas. La primera es la formación de la roca más antigua, seguida en la mayoría de los casos, de levantamiento y erosión subaérea”.

Las más importantes son discordancia angular, erosiva, local y la no concordancia.

4.7. Datos estructurales

Para describir, cartografiar y caracterizar los atributos de las estructuras, se utilizan elementos de orientación, los mismos que describen la disposición de un plano o una línea estructural en el espacio, relacionado con coordenadas geográficas y la horizontal.

En la definición de la orientación de un plano (estrato, falla, diaclasa, cualquier plano) en el espacio tres dimensional de la naturaleza, matemáticamente se usa el rumbo, la dirección de inclinación y buzamiento o manteo.

4.7.1. Rumbo

Rumbo (Rb) es el ángulo formado en un plano horizontal, entre el norte y la línea, que en caso de un plano buzante (estrato, falla, etc) surge de la intersección del mismo con un plano horizontal. Se puede expresar en valores azimutales, de 0° a 360°, o bien por cuadrantes, de 0° a 90° hacia el este y el oeste respecto al norte.

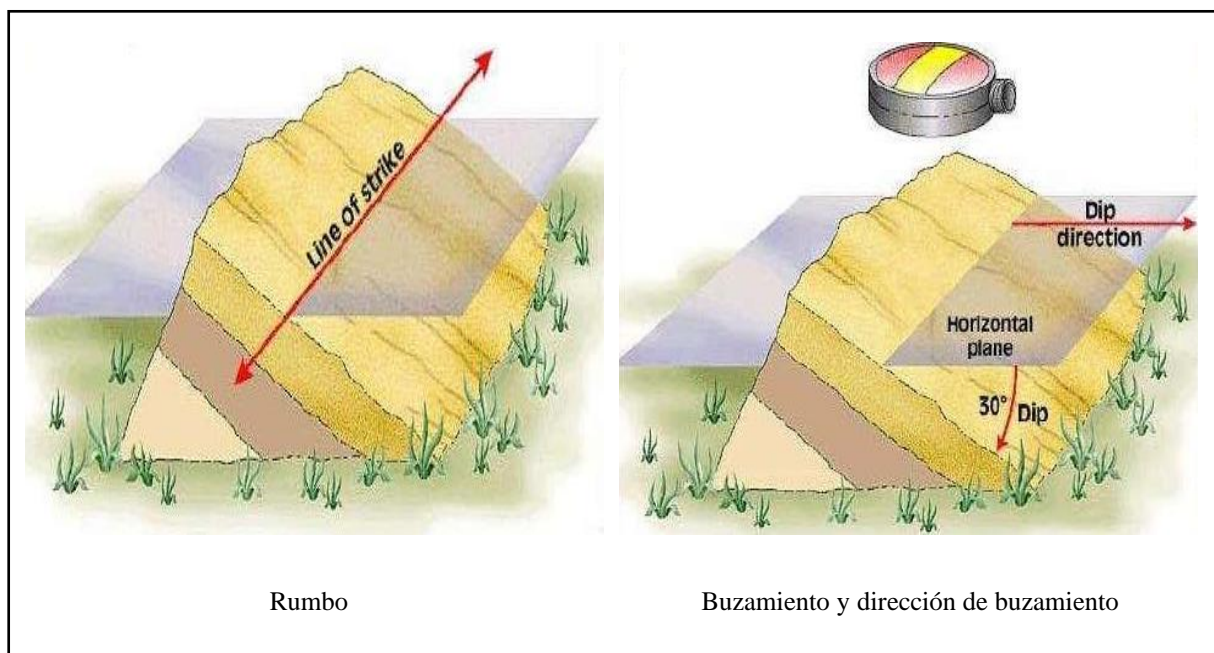
4.7.2. Buzamiento

Buzamiento (Bz) es el ángulo medido en un plano vertical formado por una línea horizontal y un plano inclinado. Está dado por la inclinación de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. El buzamiento se mide perpendicularmente al rumbo del plano y varía entre 0° y 90° .

4.7.3. Dirección de inclinación

La *dirección de inclinación* o *dirección de buzamiento* (DBz) es el rumbo de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. Es siempre perpendicular al rumbo del plano.

Figura 3. Toma de datos estructurales



Nota: Tomado de (Rumbo y buzamiento. Universidad de América).

4.8. Fotogeología (fotointerpretación)

Tal como plantea Colwell (1952), la interpretación de las fotografías aéreas consiste en el acto de examinar las imágenes fotográficas de los objetos, con el fin de identificarlos y deducir su significación, (p.535 – 602). En sentido amplio, cuando tal interpretación fotográfica se efectúa con fines geológicos, toma el nombre de “fotogeología”, que según lo considerado por la Photogeology Section, del U.S Geological Survey (1956;AGI,1957; Ray,1956), es el estudio e interpretación de las fotografías, por lo regular aéreas, con objeto de obtener información



geológica, lo que normalmente incluye también la presentación de tal información en forma apropiada como mosaicos, mapas geológicos superficiales o secciones geológicas.

Según manifiesta López Vergara (1971), el objeto de la fotogeología es el estudio de la superficie terrestre, los diversos tipos de materiales que integran y de las huellas que sobre ellos han dejado la serie de procesos a los que han estado sometidos a lo largo de los tiempos geológicos. El estudio de la fotogeología abarca la estratigrafía, litología, geología estructural, geomorfología tectónica, hidrogeología y, en resumen, todas las ramas de la geología que admitan para su estudio una escala macroscópica. (p.95).

De acuerdo a lo mencionado por Echeveste (2017), una de las ventajas que posee un proyecto de investigación geológica apoyado en fotografías aéreas, radica en que el trabajo puede iniciar anticipadamente al desarrollo de la fase de campo, logrando reconocer contactos entre distintas litologías, zonas con afloramientos, líneas de estratificación, estructuras geológicas y lineamientos en general interpretados sobre la base de cambios de tono y textura. Durante dicha fase, se corrobora la fotointerpretación realizada en gabinete y se completa el levantamiento.

4.9. Levantamiento geológico estructural

El objetivo de un levantamiento geológico estructural es la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existente en la zona de estudio, mediante un conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para reconstruir su historia geológica.

Los estudios geológicos en futuros sectores de construcción, constituyen la base sobre la cual se apoyan todas las edificaciones existentes, así, se debe realizar siempre un estudio de la litología y el suelo sobre la cual se construirá. Si no se realizan los estudios base (geológico-geotécnico) correspondiente, la mayoría de las edificaciones con el tiempo tendrán problemas los cuales son muy difíciles de reparar estando ya la edificación terminada.

Según Obando, T. (2009), señala que para la ejecución de obras de construcción es importante el reconocimiento geológico del terreno, tanto en superficie como en profundidad, es una labor previa indispensable en todas ellas para verificar la adecuación del lugar seleccionado y detectar eventuales problemas.¹

¹ Obando, T. (2009), Modelación geomecánica y temporal de la licuefacción de suelos.



4.10. Mapa geológico

Un levantamiento geológico – estructural conlleva un mapeo geológico, el cual es el proceso de transferir las observaciones de la geología realizadas en el campo a un mapa geológico, este último se caracteriza por representar, sobre un mapa topográfico, los diferentes tipos de unidades geológicas que afloran en la superficie terrestre, así como de sus respectivos contactos.

Un mapa geológico refleja también las estructuras tectónicas (pliegues, fallas, etc.), los yacimientos de fósiles, aspectos hidrogeológicos (fuentes, red de drenaje, etc.), recursos minerales, etc. (Delgado et al., 2010; Echeveste, 2018).

4.10.1. Tipos de mapa geológico

Según Barnes y Lisle (2003) los mapas geológicos se dividen en cuatro grupos principales: mapas de reconocimiento, mapas regionales, mapas a gran escala de zonas limitadas y mapas para fines especiales.

- a. Mapas geológicos de reconocimiento: Se realizan para cubrir grandes áreas volcando la mayor información geológica posible en el menor tiempo. Generalmente son a escala de 1:250.000 o más pequeñas. Se pueden elaborar a partir de fotointerpretación o del análisis de imágenes satelitales, con un mínimo de control de campo, solo para identificar tipos litológicos y principales características estructurales.
- b. Mapas geológicos regionales: Son resultado de trabajos de mayor detalle, con un riguroso control de campo.
- c. Mapas a gran escala de zonas limitadas: Los mapas geológicos de detalle normalmente son de escala 1:20.000 y más grandes. Suelen realizarse en áreas delimitadas a partir de tareas de prospección minera, zonas de interés petrolero o en aquellas que desarrollarán proyectos ingenieriles de gran envergadura como represas.
- d. Mapas para fines especiales: Los mapas especializados pueden ser de distintos tipos según el atributo geológico mapeado. En general suelen ser mapas de escala grande, en algunos casos realizados con fines económicos. Entre estos se pueden mencionar los mapas de alteración hidrotermal, de muestreo superficial o de atributos geofísicos realizados durante tareas de exploración en zonas de interés minero. Otros mapas especializados son los mapas estructurales, geomorfológicos, de suelos, etc.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

4.10.2. Métodos de mapeo

Según indica Echeveste (2017), se han dividido los métodos de mapeo geológico en tres tipos, dos de ellos condicionados por la escala en que el mapa será editado, siendo el método de los contactos para mapas regionales de escala pequeña y mapeo de todos los afloramientos para mapas de detalle de gran escala y el tercer método, de los perfiles, puede emplearse tanto en mapas regionales como de detalle en zonas bien expuestas como en regiones con escasos afloramientos.

- a. Mapeo de contactos: De acuerdo a lo planteado por Echeveste (2017), dentro de este tipo de mapeo, la ubicación de contactos entre unidades litológicas o formaciones constituye el objeto principal del levantamiento geológico. El mapeo de contactos es el método empleado en los mapeos regionales, de escala pequeña a intermedia, 1:20.000 y más pequeña; consiste en volcar en el mapa la traza de los contactos entre las distintas unidades de mapeo en su intersección con la superficie topográfica, (p.168).
- b. Mapeo por afloramientos o mapeo de todos los afloramientos: Este método de mapeo, constituye la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escala 1:10.000 y más grande. Es el estilo de mapa más común en la exploración minera. El mapeo por afloramientos es particularmente indicado en terrenos metamórficos donde las rocas pueden presentar una fuerte variabilidad en distancias pequeñas. (p.172).
- c. Mapeo por perfiles: Echeveste (2017), plantea que este método se suele adoptar para el mapeo de reconocimiento de grandes regiones, a escalas relativamente pequeñas (1:250.000 a 1:50.000). También suele ser el único método posible donde las exposiciones de las rocas están restringidas a cortes de carreteras, arroyos o filos. El mapeo por perfiles implica simplemente levantar la geología mientras se camina a lo largo de una ruta predeterminada. Los contactos y otros rasgos geológicos serán extrapolados entre las observaciones realizadas en perfiles contiguos. (p.173).

4.11. Topografía

De acuerdo al criterio de García, Rosique, & Segado, (1994), “la topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una superficie terrestre con todos sus detalles. Los mapas topográficos representan mediante curvas de nivel la topografía del terreno. Estos mapas también muestran mediante símbolos, los rasgos geográficos (ríos, lagos,



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

montes y playas) y rasgos culturales (cultivos, carreteras, líneas férreas, fronteras estatales, zonas urbanas, aeropuertos, entre otros)”.

Desde otro punto de vista, Alcantara (2014), señala que la topografía “es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada”.

4.11.1. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico es realizado con el fin de determinar la configuración del terreno y su posición en la Tierra, para lo que se requiere una base de información de fuente verificada y confiable. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área de estudio, Casanova (2002).

4.11.2. Mapa topográfico

El mapa topográfico es la representación en un plano de una zona de la superficie terrestre. En él se plasma el relieve del terreno de manera muy detallada de modo que permite apreciar tanto elementos naturales como artificiales como cursos de agua, elevaciones del terreno, carreteras o construcciones.

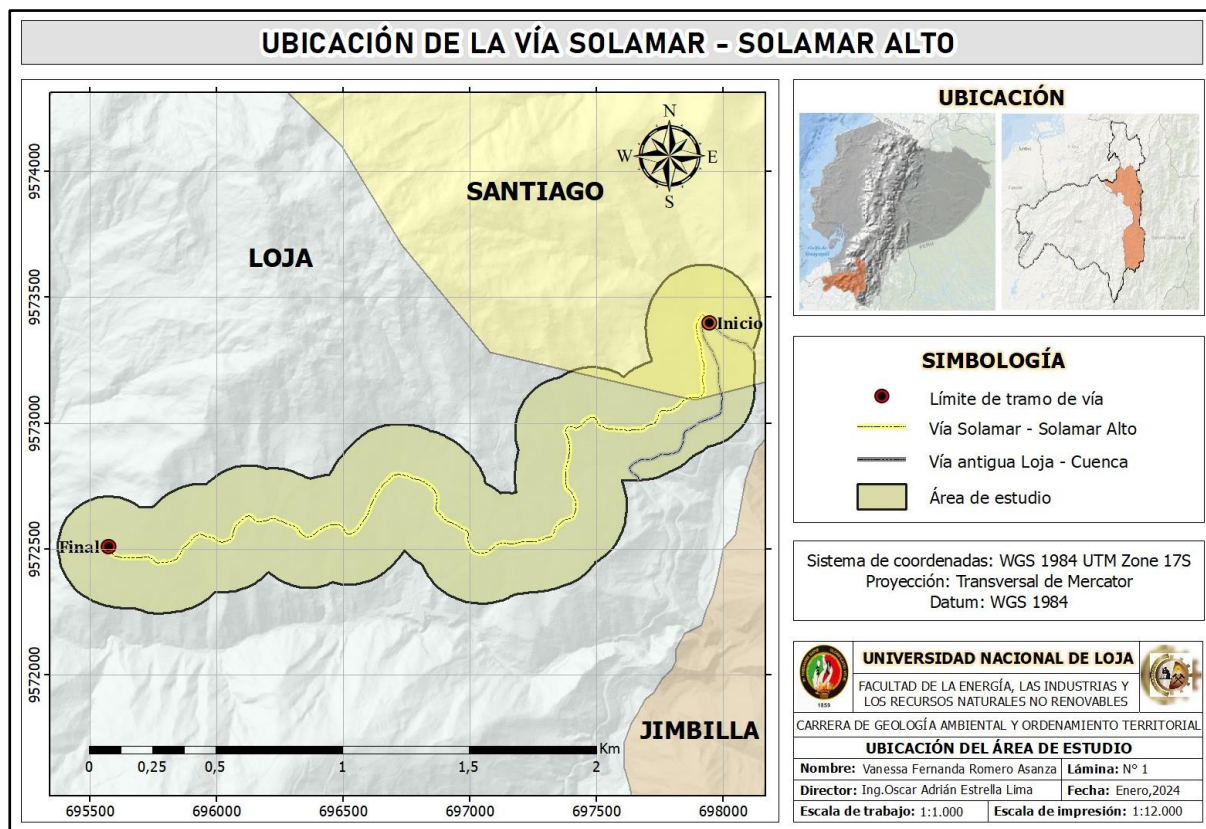
5. Metodología

5.1. Descripción general del área de estudio

5.1.1. Ubicación geográfica

El área de estudio se ubica en la región sur del país, al norte del cantón Loja, entre las parroquias El Valle y Santiago, a 18.6 Km del cantón, conectando a los barrios Solamar y Solamar Alto. Políticamente el área se encuentra limitada al norte con la parroquia Santiago, al sur con el cantón Loja, al este con la parroquia Jimbilla y al oeste con la parroquia Taquil.

Figura 4. Ubicación del área de estudio



A continuación, sus coordenadas geográficas (UTM WGS-84, ZONA 17S):

Tabla 1. Coordenadas de ubicación del área de estudio

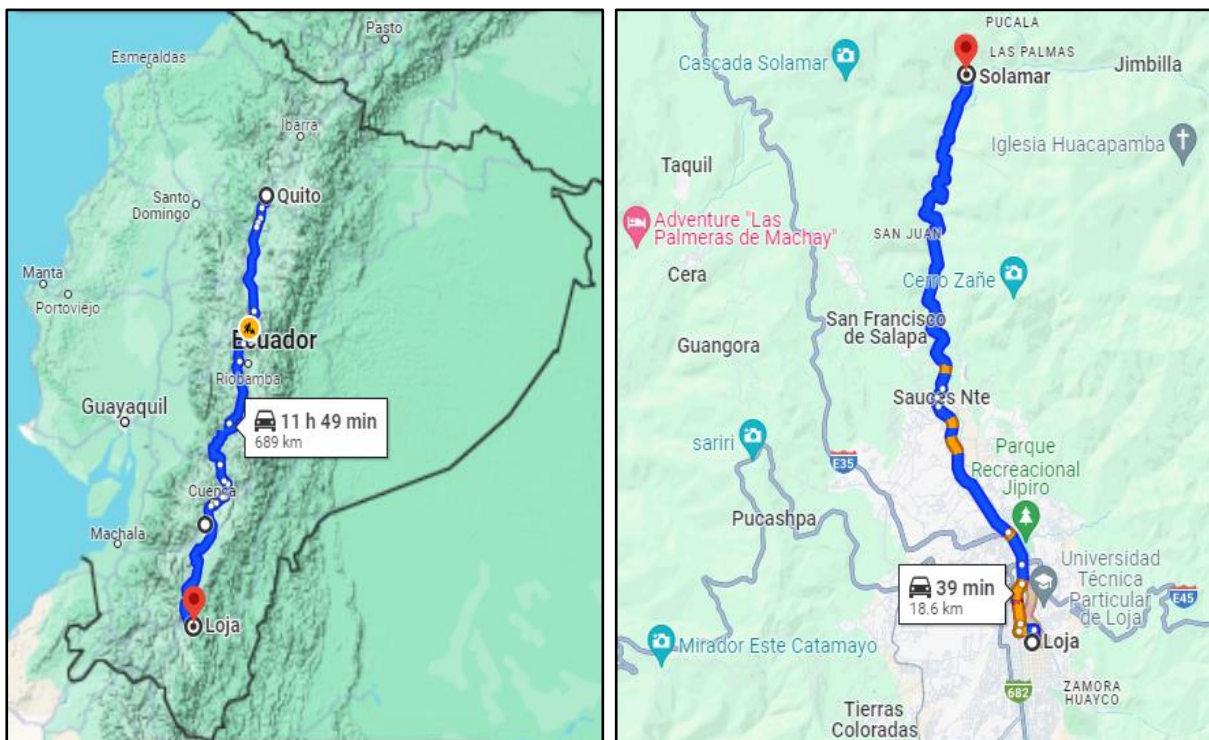
COORDENADAS UTM (DATUM WGS-84 ZONA 17S)					
PUNTO	UBICACIÓN	PROGRESIVA (Km)	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)
Inicial	Solamar	10+900	697936	9573399	2106
Final	Solamar Alto	14+600	695577	9572509	2352

5.1.2. Acceso

El acceso a la zona de estudio tomando como punto de partida la ciudad capital se lo puede realizar mediante vía aérea desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Catamayo en un tiempo estimado de una hora; posteriormente se procede al traslado por vía terrestre desde Catamayo hacia la ciudad de Loja tomando la carretera Panamericana / Transversal Sur / Troncal de la Sierra E35, continuamente, desde Loja se toma la Av. 8 de Diciembre hacia la vía antigua Cuenca – Loja con un trayecto de recorrido de 18,6 Km en un estimado de tiempo de 39 minutos aproximadamente.

El acceso terrestre desde Quito hacia la ciudad de Loja, se lo realiza por la carretera Panamericana / Troncal de la Sierra E35, la misma que conecta las ciudades de Quito – Cuenca - Loja con una distancia aproximada de 689 Km en un tiempo considerado de 11 horas con 49 minutos. Una vez en Loja, se procede a tomar la vía antigua Cuenca – Loja la cual se encuentra parcialmente asfaltada, para posteriormente tomar la vía de segundo orden desde el barrio Solamar hacia el barrio Solamar Alto con un recorrido estimado de 4,4 Km (*ver figura 5*).

Figura 5. Acceso al área de estudio



Nota: Tomado de (Google Maps).

5.2. Descripción biofísica del área de estudio

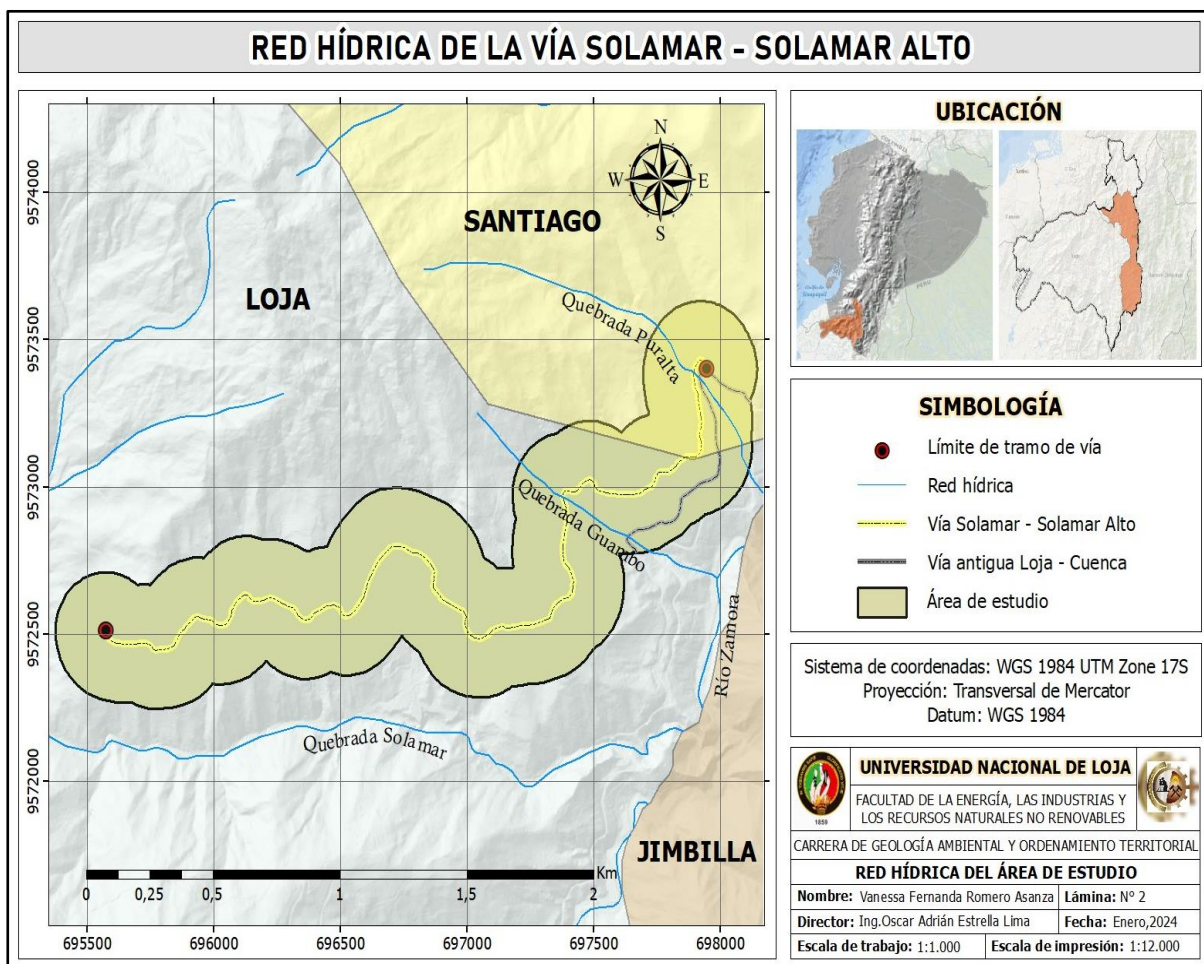
5.2.1. Clima

El cantón Loja se ubica a una altitud de 2100 msnm con una variación entre los 1200 msnm a 3800 msnm, posee un clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo con una temperatura media de 15 °C, la precipitación anual es de 900 mm con una variación entre los 2000 mm (El Cisne) y los 500 mm (Taquil), la época de precipitación inicia en el mes de septiembre y se extiende hasta el mes de mayo. PDOT (2019 - 2023).

5.2.2. Hidrografía

Hidrográficamente, el área de estudio comprende las quebradas Guambo y Puralta, además, se encuentra próxima a la microcuenca denominada Quebrada Solamar, la cual se caracteriza por su valoración de tendencia de crecida media. Todas afluentes de la cuenca río Zamora.

Figura 6. Red hídrica del área de estudio



5.2.3. Geomorfología

Loja posee un amplio rango de variación de relieve, influenciado por la presencia de la cordillera de Los Andes que lo atraviesa; esta variación va desde los 800 msnm hasta más de 3500 msnm, siendo los rangos más representativos los que van entre 2000 y 3500 msnm.

El mapa geomorfológico, fue elaborado a partir de los insumos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del geoportal SIGTIERRAS, mientras que, para el debido reconocimiento de las unidades geomorfológicas, se consideró las definiciones conceptuales y operativas de mesorelieve, descritas por el Ministerio del Ambiente, en su publicación Modelo de Unidades Geomorfológicas (2013), considerando únicamente aquellas que se ajustan al área de investigación, de manera que las geoformas generadas en el mapa, fueron distinguidas y corroboradas en campo (*ver fotografías 1- 4*).

Entre las principales unidades geomorfológicas reconocidas en el área se encuentran, relieve colinado alto, colinado muy alto, relieve montañoso y coluvión antiguo, destacando las unidades geomorfológicas de relieve montañoso con el 51,12% respondiendo al 78,58 Ha y relieve colinado muy alto con el 44,08% correspondiente al 67,77 Ha del área total, siendo las geoformas con mayor alcance de extensión dentro del polígono trabajado, mientras que las dos geoformas restantes abarcan áreas menores con valores de 4,76% y 0,04%. (*Ver anexo 6*).

Tabla 2. Unidades geomorfológicas del área de estudio

MESORELIEVE	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Relieve colinado alto	7,31	4,76
Relieve colinado muy alto	67,77	44,08
Relieve montañoso	78,58	51,12
Coluvión antiguo	0,06	0,04

5.2.3.1. Relieve colinado alto (RCA)

La unidad geomorfológica de relieve colinado alto se encuentra de forma puntual dentro del área ya que se sitúa únicamente en las proximidades al término de la vía, entre las coordenadas UTM WGS-84 696353 E; 9572346 N y 695970 E; 9572310 N. Esta unidad corresponde a su origen genético de orden tectónico erosivo y se caracteriza por su topografía colinada arrugada con una diferencia de altura relativa de 75 a 200 metros con una pendiente de 14 a 20 %, en su mayoría con forma de cima aguda.

Fotografía 1. *Unidad geomorfológica de relieve colinado alto*

5.2.3.2. Relieve colinado muy alto (RCMA)

Corresponden a elevaciones naturales y aisladas del terreno con un desnivel desde la línea de base hasta la cumbre menor a 300 metros, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior a 35% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente aguda y circular. Su origen genético es tectónico erosivo.

Fotografía 2. *Unidad geomorfológica de relieve colinado muy alto*

5.2.3.1. Relieve montañoso (RM)

Comprende las montañas cuya altura y forma se deben básicamente al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún mantienen ciertos rasgos de las estructuras originales a pesar de su afectación por los procesos de denudación. Este relieve es característico

por presentar desniveles relativos superior a 300 metros, vertientes inferiores y relieves superiores, forma de cima aguda y ser de origen tectónico erosivo.

Fotografía 3. *Unidad geomorfológica de relieve montañoso*



5.2.3.2. Relieve coluvión antiguo (RCvA)

Esta unidad geomorfológica es de mínima presencia dentro del área, localizándose geográficamente entre las coordenadas UTM WGS-84 696797 E; 9572445 N y 696751 E; 9572481 N, presenta un desnivel relativo desde los 5 a 15 metros con una pendiente suave de 5 a 12 %, dando lugar a una topografía irregular inclinada a ondulada. Su origen es debido a la gravedad y movimientos de masa, probablemente procedente de deslizamientos, derrumbes o desprendimientos depositándose a corta distancia de su fuente original.

Fotografía 4. *Unidad geomorfológica de coluvión antiguo*





5.2.4. Topografía

La topografía del área de estudio se generó a partir de los modelos digitales de terreno (MDT) obtenidos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través de SIGTIERRAS, caracterizándose por poseer una resolución espacial de 3 metros, los cuales fueron seleccionados de acuerdo al área de nuestro interés, correspondiendo a los códigos NVI-F4a-A1; NVI-F4a-A2; NVI-F4a-A3; NVI-F4a-A4; NVI-F4a-D1 y NVI-F4a-D2.

Posteriormente, los MDT como datos de entrada, fueron procesados en el software ArcGIS10.8 georreferenciados en coordenadas UTM WGS-84 ZONA 17S y mediante secuencia de las herramientas Data Management Tools > Raster > Mosaic Dataset > Mosaic To New Raster; el mosaico de los 6 archivos MDT concernientes al área de estudio, fueron unidos creando un único y nuevo modelo digital de terreno MDT.

A partir de la obtención del nuevo MDT, se ejecuta acciones de herramientas SIG; Spatial Analysis Tools > Surface > Contour, derivando las curvas de nivel del área y con el fin de tener mayor relevancia en el estudio, se genera un contorno alrededor de la vía, a una distancia de 200 metros a cada margen, creando un Buffer a través de las herramientas Analysis Tools > Proximity > Buffer. Posteriormente, se ajusta las curvas de nivel sobre el polígono generado del área de la vía Solamar – Solamar Alto a través de Analysis Tools > Extracción > Extract Mask, generando así un modelo topográfico del terreno del área estudiada.

Finalmente, para la terminación y presentación final del mapa topográfico, se complementó datos auxiliares como infraestructura, vías y quebradas, las cuales fueron digitalizadas a partir de las ortofotos inicialmente obtenidas. (Ver anexo 7).

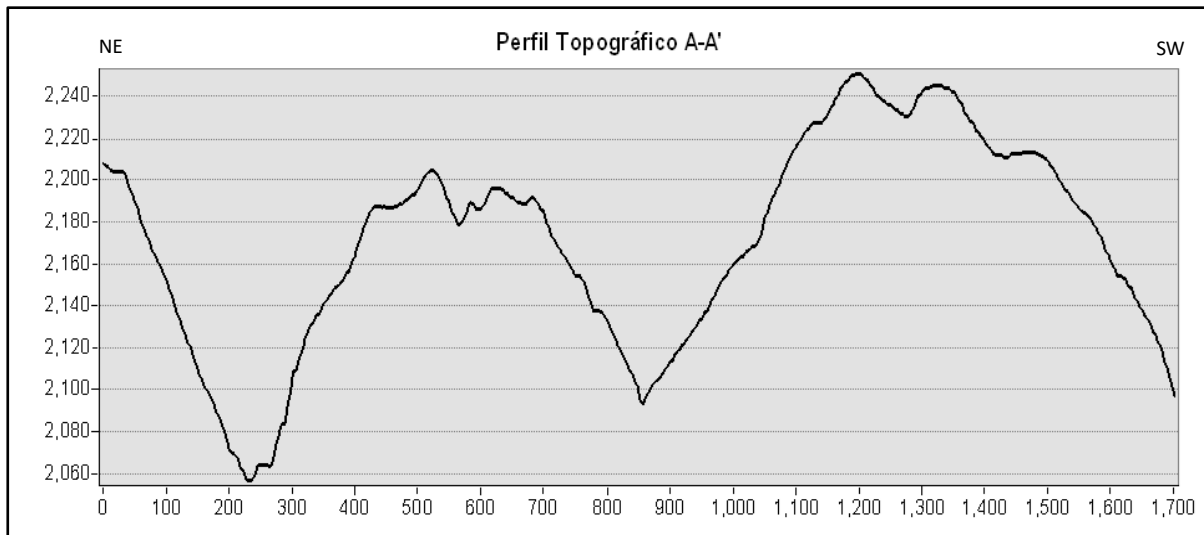
Por consiguiente, la topografía generada a partir de los MDT, permitió evidenciar que el área comprende un relieve irregular con altitudes que oscilan entre 1960 y 2460 m.s.n.m. El mapa topográfico abarca el tramo de vía objeto de estudio de una longitud de 3,75 Km más la faja de extensión de 200 metros a cada margen de la misma, resultando un área de 153,72 Ha. A continuación, se detalla la altitud más baja y alta del área.

Tabla 3. Altitudes del área de estudio

COTA	ALTITUD m.s.n.m
Mayor	2460
Menor	1960

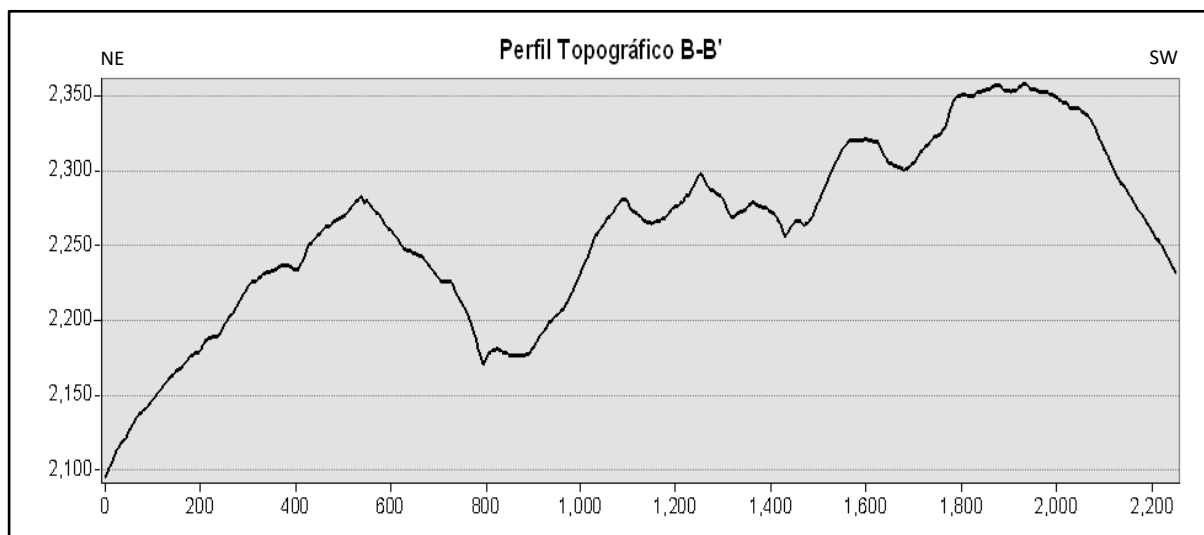
A partir de la topografía del área obtenida, como apoyo complementario se procedió a elaborar dos perfiles topográficos de forma diagonal a lo largo del área de estudio, con el objetivo de alcanzar una mayor representación gráfica del terreno.

Figura 7. Perfil topográfico A – A’



El primer corte A-A’ se realizó de forma diagonal en dirección NE-SW con una longitud aproximada de 1700 metros, permitiendo apreciar que la cota más alta corresponde a 2250 m.s.n.m. mientras que la cota más baja es inferior a 2060 m.s.n.m. distinguiendo de ello una diferencia aproximada de 190 metros correspondiente a su profundidad. Como es notorio y según el corte realizado, la topografía del área es relativamente abrupta, variando entre puntos altos como picos o puntos culminantes del relieve y bajos como pie de vertientes o vaguadas.

Figura 8. Perfil topográfico B – B’





El corte B-B’ realizado aproximadamente de forma longitudinal con dirección NE-SW, comprende una longitud aproximada de 2250 metros, en el que destaca la cota más alta 2350 m.s.n.m. y la cota inferior de 2100 m.s.n.m. marcando una diferencia de 250 metros entre ellas, por lo que se aduce que, a más de su apariencia donde se delimita distintas cimas con plegamiento, correspondería a un relieve de tipo montañoso, ya que refleja considerablemente la variación de sus altitudes.

5.2.5. Pendientes

Partiendo de la consideración de que un mapa de pendientes permite la representación gráfica de la inclinación de un terreno, se procedió a su elaboración valorando que a mayor inclinación mayor valor de pendiente.

Para la confección del mapa de pendientes, se partió del análisis y procesamiento del modelo digital del terreno (MDT), considerando la clasificación en grados establecida por Demek (1972), quien ha establecido una clasificación de rangos en cinco categorías, resultando de ello, que el área de estudio comprende las cinco clases, siendo la clase de pendiente muy inclinada (15 – 35°) la más común abarcando un área de 0,89 Km² a lo largo y ancho de su extensión la cual corresponde al 61,10 % del área total, mientras que la clase de menor superficie comprende tan solo 0,002 Km² representado por el 0,12 % correspondiendo a la clase de pendiente vertical, localizándose próxima al punto de partida al margen de la vía. (Ver anexo 8). En la siguiente tabla, se detalla la información de las pendientes identificadas en el área de estudio.

Tabla 4. Clasificación de pendientes del área de estudio

COLOR	CLASE	RANGO (°)	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE (%)
	Ligeramente inclinado	0 – 5°	0,008	0,52
	Fuertemente inclinado	5 – 15°	0,041	2,79
	Muy inclinado	15 – 35°	0,890	61,10
	Empinado	35 – 55°	0,517	35,47
	Vertical	> 55°	0,002	0,12

5.2.6. Amenazas sísmicas

Según el mapa de riesgo por amenaza sísmica por cantón de la Secretaría de Gestión de Riesgos, el cantón Loja se encuentra en una zona con grado de vulnerabilidad considerado bajo.



De esta forma, la actividad sísmica dentro del cantón ha sido sumamente depreciable, teniendo un evento registrado con epicentro en el cantón desde el año 2013 a 2018 (Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador, 2018) y esto se lo puede constatar por la zonificación sísmica a nivel del Ecuador donde se tiene un valor de 0,25 a 0,30 g como factor de aceleración sísmica, el cual define el riesgo sísmico en base a la composición litológica del terreno (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014) y son necesariamente incorporados para la construcción de casas sismorresistentes (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de Construcción).

5.2.7. Amenaza por movimientos en masa

Entre los principales movimientos en masa identificados en el cantón Loja se encuentran los deslizamientos y desprendimientos de rocas, más aún que, en los últimos años debido al acelerado crecimiento demográfico, su topografía irregular, precipitaciones elevadas y materiales geológicos de baja resistencia ha aumentado la amenaza a movimientos en masa, y por el desconocimiento de estos factores existen asentamientos humanos en zonas inestables afectando a la infraestructura vial y de vivienda ocasionando múltiples daños materiales a los pobladores. PDOT (2019-2023).

Un factor preponderante para la presencia de movimientos en masa en el cantón Loja, corresponde a la topografía del terreno. Especialmente, en las parroquias nororientales y la hoya de Loja, se observa que la cantidad de eventos relacionados con movimientos en masa es mayor en las estaciones lluviosas y asociados a esta amenaza se originan la reactivación de los deslizamientos activos o antiguos. PDOT (2019-2023).

A nivel cantonal, los movimientos en masa con mayor riesgo, se ubican principalmente en las cuencas del río San Lucas al nororiente del cantón seguido por el río Zamora en las parroquias Santiago, San Lucas y Jimbilla, mientras que, al sur se determina pocas amenazas.

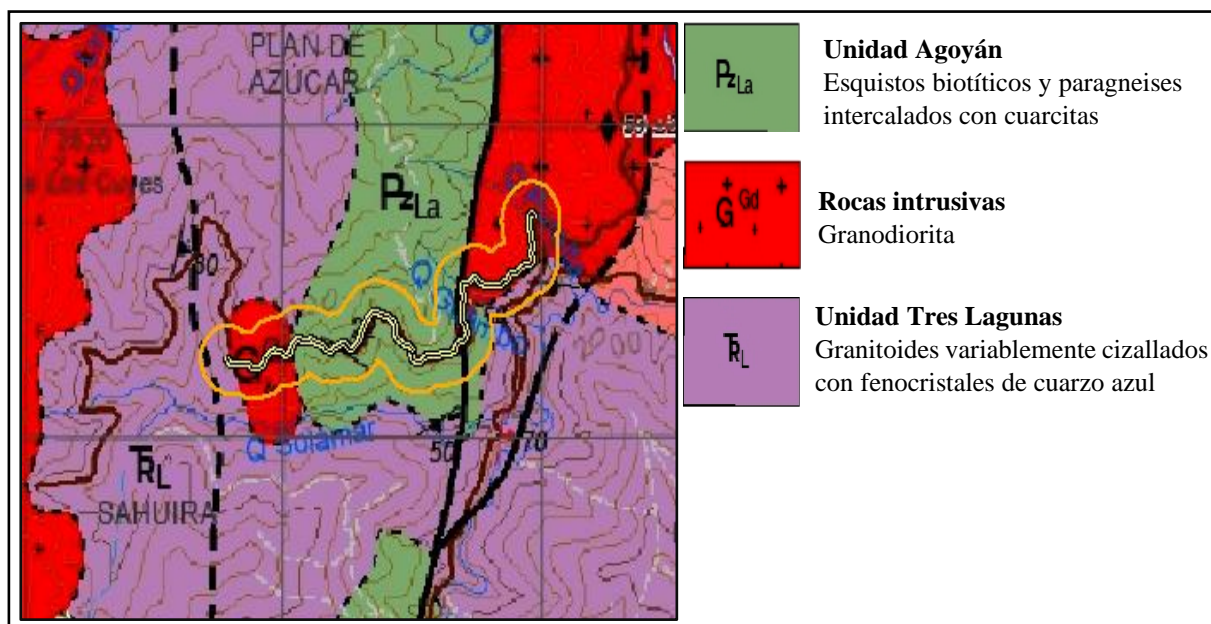
5.2.8. Geología regional

Loja al formar parte de la Cordillera Real Andina engloba una geología principalmente de rocas de alto grado de metamorfismo regional, con fallas que se extienden de norte a sur, las cuales fueron acompañadas de un proceso de intrusiones magmáticas y vulcanismo, para posteriormente darse la formación de las cuencas interandinas, por lo que también el cantón tiene una geomorfología muy dinámica y extensa, ya que los relieves escarpados generan superficies de cuesta muy pronunciadas, con vertientes cerradas y valles en forma de V, pero

en la zona de las cuencas interandinas, hay franjas de erosión, acompañadas de procesos de formación paleo-lacustre, una muestra de ello son las zona bajas que forman mesetas redondeadas con relieves medios y planos en los valles en U (Litherland, Aspdend, & Jemielita, 1994).

De acuerdo a lo referenciado en la memoria técnica de la hoja 56 de la carta geológica de Loja, escala 1:100.000 (IGM,2017), el área de estudio comprende la siguiente información geológica. (Ver anexo 9).

Figura 9. Geología regional del área de estudio



Nota: Tomado de (IIGE,2017).
Modificado por: Romero,2024.

Unidad Agoyán (P_{ZLa}): (Litherland y otros, 1994). Definida en la parte central de la Cordillera Real, pero proyectada hasta el norte de la cuenca de Loja, en el sector de Quilloloma hasta Solamar. Está constituida por esquistos biotíticos intercalados con cuarcitas grises que regularmente presentan segregación de biotita, y paragneises con bandeamiento de cuarzo y biotita. Litherland y otros (1994) la interpretan como de edad paleozoica.

Granodioritas (G^{Gd}): El cuerpo de mayor extensión es el batolito de San Lucas cuya edad varía entre 66 y 51 Ma (Litherland y otros, 1994). Se expone en la parte centro norte del área y los mejores afloramientos se presentan en la vía Cuenca – Loja entre los poblados San Lucas y Santiago. Este cuerpo granodiorítico muestra variaciones a granito, con textura fanerítica de



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

grano medio a grueso, compuesto por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, biotita y menor hornblenda. Es frecuente la presencia de colgajos del basamento metamórfico.

Unidad Tres Lagunas (TRL): (Litherland y otros, 1994). Los principales afloramientos se encuentran en la vía Salapa Alto – Quebrada Solamar y a lo largo del río Tambo Blanco (UTM 706570 E; 9583592 N). Consiste de cuerpos masivos de granitoides variablemente cizallados de grano medio a grueso, con plagioclasas, moscovita, biotita y fenocristales de cuarzo azul. Al norte de Loja, la unidad se encuentra intruida por el Plutón de San Lucas. Litherland y otros, (1994), señalan una edad de 227,6 Ma. \pm 3,2 Ma. e interpretan estos granitoides como granitos tipo S emplazados en una zona de rift.

En el *Anexo 9*, se presenta gráficamente los diferentes materiales litológicos que, según la carta geológica de Loja, escala 1:100.000 (IGM,2017), se encuentran en el área objeto de la presente investigación.

5.3.Materiales

Con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, se empleó una serie de materiales entre los que se ubican materiales de campo y oficina, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 5. *Materiales y equipos utilizados.*

MATERIALES DE CAMPO	
No.	Descripción
1	GPS Garmin
2	Brújula Brunton
3	Piqueta geológica
4	Distanciómetro
5	Lupa geológica 10x
6	Cámara fotográfica
7	Bolsas herméticas ziploc
8	Etiquetas para muestras
9	Fichas de descripción de afloramientos
10	Carta topográfica Loja Norte, escala 1: 50 000
11	Carta topográfica Catamayo, escala 1: 50 000
12	Hoja geológica de Loja, escala 1:100 000, 2017.
13	Libreta de campo
14	Bolígrafos y lápices
15	Marcador indeleble



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

MATERIALES DE LABORATORIO

- | | |
|---|--|
| 1 | Microscopio estéreo zoom binocular |
| 2 | Fichas de identificación petrográfica |
| 3 | Fichas de caracterización petrográfica |
| 4 | Cámara fotográfica |
| 5 | Bata de laboratorio |
-

MATERIALES DE OFICINA

- | | |
|---|--|
| 1 | Ortofotos |
| 2 | MDT (NVI-F4a-A1; NVI-F4a-A2; NVI-F4a-A3; NVI-F4a-A4; NVI-F4a-D1; NVI-F4a-D2) |
| 2 | Material de escritorio |
| 4 | Computador portátil |
| 5 | Memoria flash USB |
| 6 | Impresora |
-

Software

- | | |
|---|------------------|
| 1 | Microsoft Word |
| 2 | Microsoft Excel |
| 3 | Google Earth Pro |
| 4 | Google Maps |
| 5 | ArcGIS 10.8 |
-

5.4.Métodos

Para efectos de desarrollo del proyecto, se ha considerado la aplicación del método científico como proceso sistemático y ordenado que parte de la búsqueda de información relacionada con el tema a estudiar, complementariamente a ello, el razonamiento inductivo que permite llegar a ciertos supuestos que posteriormente serán verificados por el conocimiento deductivo, verificando así la realidad observada al respecto.

En cuanto al levantamiento en campo para la caracterización de los afloramientos presentes, se aplicó el método de mapeo por afloramientos, el mismo que según indica Echeveste (2017), constituye la base de gran parte de la cartografía geológica detallada a escala 1:10.000 y más grande y particularmente es indicado en terrenos metamórficos donde las rocas pueden presentar variabilidad en distancias pequeñas.

Además, es importante señalar que el muestreo estructural realizado para efectos del presente estudio, únicamente se efectuó en los afloramientos donde fue posible la toma de rumbo y buzamiento debido a la disposición de sus capas.



5.4.1. Técnicas

De acuerdo a la naturaleza del proyecto en estudio, el trabajo investigativo se efectuó aplicando técnicas de campo y descriptivas:

- *Técnicas de observación en campo:*

Compete a la investigación IN – SITU, la cual tiene como integrante principal la observación. Es la técnica de aplicación directa por cuanto se llevó a cabo en el mismo espacio y tiempo en que se encuentra el objeto de estudio. La técnica partió de la recolección directa de datos (levantamiento de datos, elementos de yacencia) e información nueva de fuentes primarias y de muestras a analizar de modo que permitió cumplir con los objetivos planteados. Esta técnica accedió en su desarrollo observar, comprender e interactuar en el entorno natural de emplazamiento del objeto a estudiarse, además, permitió la ejecución de actividades involucradas directamente con los objetivos establecidos para el presente proyecto.

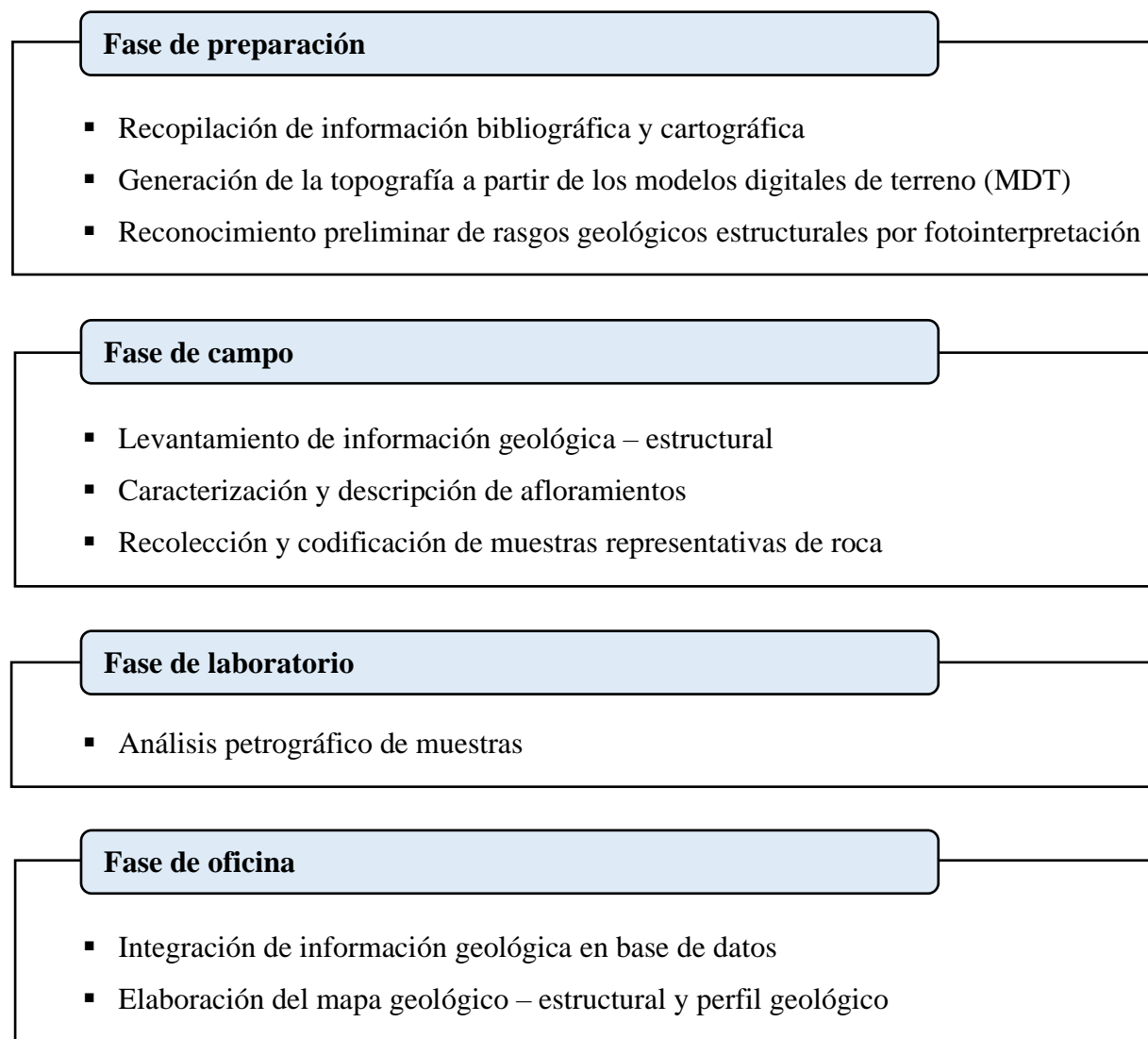
- *Técnicas descriptivas:*

El objeto de la técnica descriptiva consiste en describir y especificar a partir de la evaluación de ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. Por tanto, permitió la caracterización de los componentes a estudiarse. Esta técnica admitió recoger, organizar, resumir, presentar, generalizar y analizar los datos reunidos y observaciones realizadas para interpretarlas y presentarlas en los resultados de una manera clara y concisa.

En la investigación desarrollada esta técnica resultó factible ya que permitió caracterizar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio, así como caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico la litología encontrada en el área de manera detallada, tanto en campo como en laboratorio, a fin de cumplir con los objetivos previamente planteados.

5.5. Procedimiento

Con el fin de dar cumplimiento a cada objetivo planteado, la metodología se realizó de manera sistemática efectuando distintas actividades en cada fase, como se indica a continuación:

Figura 10. *Procedimiento de trabajo*

▪ ***Fase de preparación***

Esta fase parte de la recopilación adecuada de la información preexistente tanto bibliográfica como cartográfica considerada como base necesaria para el éxito de los objetivos planteados y a partir de la que se logró conocer de manera general el área de estudio y posteriormente, alcanzar la generación de mapas preliminares como mapa de ubicación, de red hídrica, topográfico, de pendientes y geomorfológico, para lo cual se empleó los siguientes insumos:

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Loja, actualización, 2019 – 2023.
- Insumo cartográfico geomorfológico obtenido del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del geoportal de SIGTIERRAS.
- Modelo de Unidades Geomorfológicas, Ministerio del Ambiente (2013).



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

- MDT con resolución de pixel de 3 m. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través de SIGTIERRAS.

- ***Fase de campo***

Con la ligera noción de lo existente en campo, se efectuó la visita a la zona de estudio, recorriendo el sector a lo largo y ancho de su extensión comprendida, observando directamente y a detalle la presencia de afloramientos antrópicos presentes en la zona, los cuales fueron caracterizados y descritos en las fichas respectivas. Además, para el alcance del segundo objetivo, se tomó muestras relevantes de roca considerando las particularidades de cada afloramiento, mismas que fueron identificadas y reservadas adecuadamente para su posterior análisis petrográfico en laboratorio. En esta fase se utilizó como apoyo la hoja geológica de Loja, a la vez que se constataba la existencia de la litología descrita en la hoja en referencia.

- ***Fase de laboratorio***

Para cumplimiento de la determinación de las características petrográficas propias de las rocas recolectadas en campo, se realizó el análisis macroscópico de las mismas en el Laboratorio de Petrografía de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja, analizando un total de cinco muestras.

- ***Fase de oficina***

Una vez obtenida la información geológica estructural necesaria, se procedió a su corroboración en campo y posterior integración y combinación de la misma en una base de datos, con el fin de facilitar la ejecución del respectivo procesamiento y elaboración de la cartografía geológica – estructural y perfil geológico del área de estudio. Finalmente, se permitió analizar e interpretar la información levantada y generada en fases anteriores, para lograr establecer los resultados de acuerdo a los objetivos planteados en el trabajo realizado.

5.6. Metodología

La metodología utilizada para el presente proyecto se la realizó a través de la descripción metodológica para cada objetivo planteado, teniendo así:



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

5.6.1. Metodología para el primer objetivo

“Identificar y caracterizar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio”.

- Fotointerpretación

La fotointerpretación geológica (*ver anexo I*) se realizó con la finalidad de identificar los rasgos geológicos y estructurales representativos del área, partiendo de la creación de un mosaico de ortofotos obtenidas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, SIGTIERRAS, para lo cual se consideró los fundamentos teóricos y metodología planteada por López Vergara (1988), en su manual de fotogeología, tomando en cuenta los siguientes criterios:

Análisis de tono y textura:

La intensidad de los tonos en las fotografías aéreas es imprescindible para su interpretación, ya que según tenga originalmente colores claros u oscuros, la tonalidad correspondiente será más o menos intensa. Por ejemplo; las arenas tendrán tonos claros mientras que las rocas basálticas y demás rocas de colores fuertes, aparecerán en tonos oscuros en la fotografía.

En tanto, la textura referida al conjunto de pequeñas imágenes que dan idea del color, formas de disolución, superficies a las que da lugar una roca, es la apariencia general de la misma en la fotografía. Así, texturas moteadas que suelen ser comunes, pueden deberse a cambios de porosidad, filtraciones de agua, pequeños niveles impermeables dentro de la formación, etc. En nuestro caso, las rocas metamórficas presentaron una textura bandeada relacionada con la esquistosidad. En conclusión, la textura tiene una íntima relación con el origen de la roca, compacidad de la misma, porosidad, permeabilidad, dureza, grado de erosión, etc.

Análisis topográfico:

La topografía del terreno permite conocer preliminarmente si se trata de un terreno homogéneo o bien de uno formado por diversos tipos de rocas según sea su topografía homogénea o variada con diferentes relieves. El relieve producido por las distintas rocas va ligado a la naturaleza de estas. Las estructuras geológicas, tienen gran importancia en la topografía, ya que, incluyéndose planos de estratificación, diaclasas, deformaciones, plegamientos, fracturas o fallas, sus diferencias se encargarán de acentuar la acción continuada de la erosión, así, en un terreno fracturado el agua correrá a favor de las fracturas, filtrándose a través de ellas, resultando en un tiempo, un acentuamiento de los rasgos tectónicos de la zona.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Análisis de vegetación:

La presencia de vegetación en las fotografías aéreas suele contribuir a destacar los principales rasgos, tanto litológicos como estructurales del terreno, aunque en el caso de que dicha vegetación sea muy densa, puede favorecer a su enmascaramiento, sin embargo, la influencia de la litología sobre la vegetación es considerable ya que ciertos tipos de rocas que según sea su composición y características permiten o no el desarrollo de vegetación sobre ellas.

Análisis de red drenaje:

El estudio del drenaje es fundamental en fotogeología ya que permite la identificación litológica de un material, además, el análisis de su modelo de drenaje permite el estudio de la red fluvial en sí, la disposición de la misma, adaptación a las estructuras y fallas de la zona, basculamientos o movimientos del terreno, etc.

Análisis estructural:

El trabajo previo del análisis estructural mediante el conjunto de fotografías aéreas permitió realizar el levantamiento en terreno de un modo rápido y seguro, para lo que se analizó los rasgos morfológicos de la superficie terrestre, la disposición de la vegetación, escarpes de falla, red de drenaje y demás parámetros que dan lugar a estructuras plegadas, fallas, fracturas, diaclasas, etc.

- Levantamiento de la litología y estructuras geológicas

A partir de la fotointerpretación, se procedió a realizar el levantamiento en campo, considerando la metodología propuesta por Echeveste (2018), mediante el método de mapeo por afloramiento o mapeo de todos los afloramientos, particularmente indicado en terrenos metamórficos y para escalas a detalle, el cual consiste en la examinación, identificación, descripción y caracterización de tantas exposiciones como sea posible o de todos los afloramientos existentes, con la finalidad de observar directa y minuciosamente las diferentes litologías y estructuras presentes, considerando su ubicación, dimensión, tipo de afloramiento, grado de meteorización, ambiente de formación y datos estructurales. En consecuencia, este método de mapeo indica la extensión de cada afloramiento o el grupo de ellos, registrando en el mapa de campo con lápiz de color establecido para cada tipo de roca o formación. Además, como aporte adicional se tomó de referencia la información establecida en la hoja geológica de Loja (Hoja 56, NVI-F), escala 1: 100 000 publicada por el INIGEMM, 2017.

Tabla 6. Ubicación de la Hoja Geológica de Loja, escala 1:100 000.

NVI-C	NVI-D	ÑVI-C
Santa Rosa	Saraguro	Gualaquiza
HOJA - 37	HOJA - 55	HOJA - 75
NVI-E	NVI-F	ÑVI-E
Zaruma	Loja	Paquisha
HOJA - 38	HOJA - 56	HOJA - 76
NVII-A	NVII-B	ÑVII-A
Cariamanga	Gonzanamá	Zamora
HOJA - 39	HOJA - 57	HOJA - 77

Nota: Tomado de (INIGEMM,2017).
Modificado por: Romero,2024.

Para el registro de la información litológica y estructural levantada en campo, se empleó fichas técnicas de descripción de afloramientos (*ver tabla 9*), las cuales fueron modificadas y adaptadas de acuerdo a la necesidad de la presente investigación partiendo de las fichas modelo propuestas por el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), mismas que contienen la información necesaria e indispensable para el posterior análisis geológico del área estudiada, además de constituir la base para la integración y combinación de datos para la elaboración del mapa geológico – estructural, objetivo final de la investigación.

El levantamiento de los afloramientos fue realizado a lo largo del tramo de vía y en la faja de contorno delimitada previamente, extendiéndose a un margen de 200 metros a cada lado de la misma, teniendo un total de 25 afloramientos caracterizados. Es importante reconocer y señalar que solo algunos de los afloramientos caracterizados en campo permitieron la toma de datos estructurales gracias a los estratos que revelan la orientación preferencial de sus planos estructurales, de los que se escogió los planos mejor conservados para su medición. Mientras tanto, en los afloramientos restantes se pone de manifiesto taludes de carácter masivo, por ende, exentos de planos de estratificación imposibilitando la toma de datos estructurales.




A continuación, se expone un breve registro fotográfico del trabajo realizado en campo, para efecto de cumplimiento del primer objetivo planteado:

Fotografía 5. Levantamiento geológico - estructural en campo



Para consideración y relevancia en la elaboración del mapa geológico – estructural, se consideró aplicar la diferenciación litológica del esquisto, ya que es la litología predominante y representativa en el área, atendiendo el criterio de resistencia de la roca a la alteración, el cual configura la capacidad de soportar la acción de agentes externos como meteorológicos, o de una fuerza sin alterarse, tal como faculta el artículo de “*Elaboración del mapa de litología*” desarrollado por Delgado, J. y Godoy, R. (2009) en la elaboración de cartografía física elemental de la universidad de Málaga, España, de manera que se asignó términos apropiados referente al grado de alteración como; esquistos de alteración baja, esquistos de alteración media y esquistos de alteración alta. Para el resto de la litología encontrada en el área, se consideró únicamente la designación de la roca.

Tabla 7. Términos adoptados para diferenciación de esquisto, según el grado de alteración

ROCA	GRADO DE ALTERACIÓN	TÉRMINO DESIGNADO
	Bajo	Esquisto de alteración baja
	Medio	Esquisto de alteración media
	Alto	Esquisto de alteración alta



A continuación, se expone la localización geográfica referenciada en coordenadas UTM WGS-84 Zona 17S, de los afloramientos observados en campo, junto a la litología encontrada en cada uno de ellos de acuerdo a la designación adoptada y a la unidad a la que corresponden.

Tabla 8. *Ubicación geográfica de afloramientos*

CÓDIGO	COORDENADA			LITOLOGÍA	UNIDAD LITOLÓGICA
	X (m)	Y (m)	Z(msnm)		
AF-001	697684	9572859	2050	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-002	697734	9572871	2041	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-003	697861	9572962	2159	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-004	697983	9573033	2063	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-005	697990	9573067	2071	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-006	697945	9573416	2083	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-007	697903	9573422	2113	Granodiorita	Rocas intrusivas
AF-008	697889	9573385	2105	Granodiorita	Rocas intrusivas
AF-009	697890	9573395	2121	Granodiorita	Rocas intrusivas
AF-010	697893	9573348	2103	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-011	697931	9573135	2121	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-012	697736	9572985	2218	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-013	697742	9572986	2196	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-014	697740	9572978	2225	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-015	697766	9572969	2217	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-016	697364	9572998	2199	Esquisto de alteración baja	Unidad Agoyán
AF-017	697369	9572979	2187	Esquisto de alteración baja	Unidad Agoyán
AF-018	697391	9572922	2187	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-019	696988	9572538	2241	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-020	696507	9572555	2297	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-021	696424	9572585	2311	Esquisto de alteración media	Unidad Agoyán
AF-022	696218	9572628	2333	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-023	695860	9572502	2345	Esquisto de alteración alta	Unidad Agoyán
AF-024	695692	9572465	2364	Esquisto de alteración baja	Unidad Agoyán
AF-025	695567	9572710	2392	Esquisto de alteración baja	Unidad Agoyán

Se evidenció en campo un total de 22 afloramientos de roca metamórfica, correspondiente a la Unidad Agoyán, encontrándose esquisto en distintos grados de alteración, considerando que se trata de materiales muy inestables en taludes debido a su microestructura y a la facilidad con que se meteoriza, así también 3 afloramientos de roca intrusiva particularmente granodiorita.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

En la siguiente tabla, se presenta la ficha de descripción empleada para la descripción de afloramientos.

Tabla 9. Ficha de descripción de afloramientos

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.	
INFORMACIÓN GENERAL	
FICHA N°	FECHA
CÓD. AFLORAMIENTO	RESPONSABLE
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	
PROVINCIA	DATUM
CANTÓN	COORDENADAS X
PARROQUIA	COORDENADAS Y
BARRIO/ SECTOR	ALTURA (m.s.n.m)
DESCRIPCIÓN	
CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO	DATOS ESTRUCTURALES
TIPO	RUMBO
ALTURA (m)	BUZAMIENTO
ANCHO (m)	DIR. BUZAMIENTO
SITUACIÓN GEOLÓGICA	
FORMACIÓN GEOLÓGICA	AMBIENTE DE FORMACIÓN
LITOLOGÍA	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS
GRADO DE METEORIZACIÓN	PRESENCIA DE HUMEDAD
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Posterior a la descripción y caracterización de afloramientos, se recogió muestras representativas de roca presentes en los afloramientos caracterizados para ser estudiadas petrográficamente. Para el almacenamiento adecuado de las muestras recogidas, se consideró la codificación de muestras que presenta el *Instructivo para el Manejo de Fichas de Descripción Macroscópica de Muestras de Rocas* de (Viteri e INIGEMM, 2013), aplicando variables como se indica a continuación.

Tabla 10. Identificación de muestras de interés petrográfico

VARIABLE	ABREVIATURA	SIGNIFICADO	ID MUESTRA
Siglas del proyecto	LGE _{SSA}	Levantamiento geológico estructural de la vía Solamar – Solamar alto	
Iniciales del investigador	VR	Vanessa Romero	LGE _{SSA} -VR- 001-M
Número de muestra	001	Numeración	
Inicial del tipo de roca	M I	Metamórfica Ígnea	

Cada muestra de roca recolectada fue identificada y almacenada adecuadamente para su conservación y posterior análisis petrográfico. A continuación, se presentan las etiquetas empleadas para efectos de su identificación.

Tabla 11. Etiqueta para muestras de interés petrográfico



UNL

Universidad Nacional de Loja

ETIQUETAS PARA MUESTRAS PETROGRÁFICAS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

CÓDIGO	FECHA
RESPONSABLE	
PROVINCIA	DATUM
CANTÓN	COORDENADAS X
PARROQUIA	COORDENADAS Y
BARRIO/ SECTOR	COORDENADAS Z

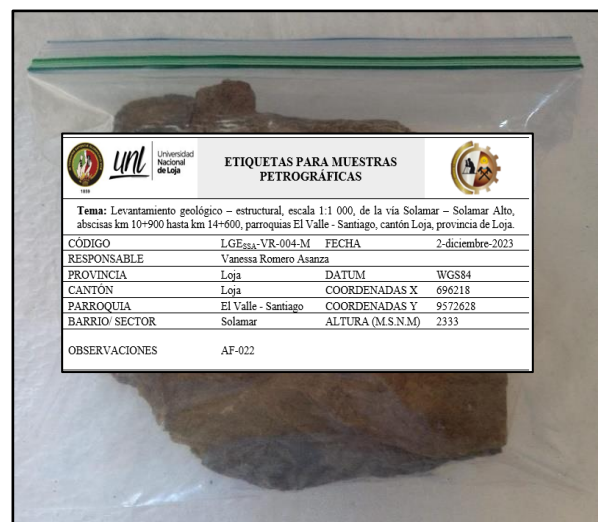
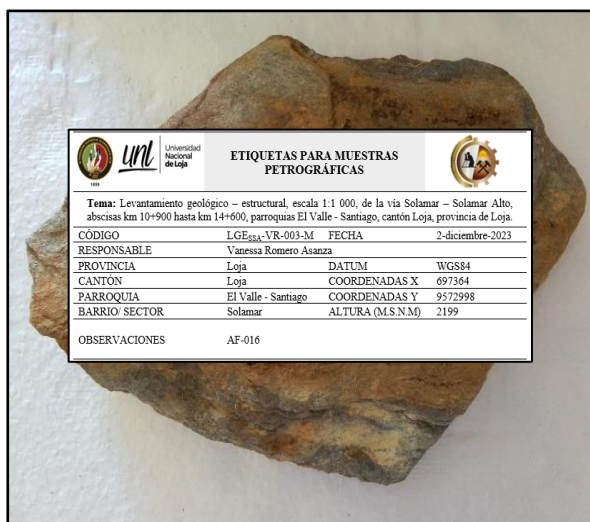
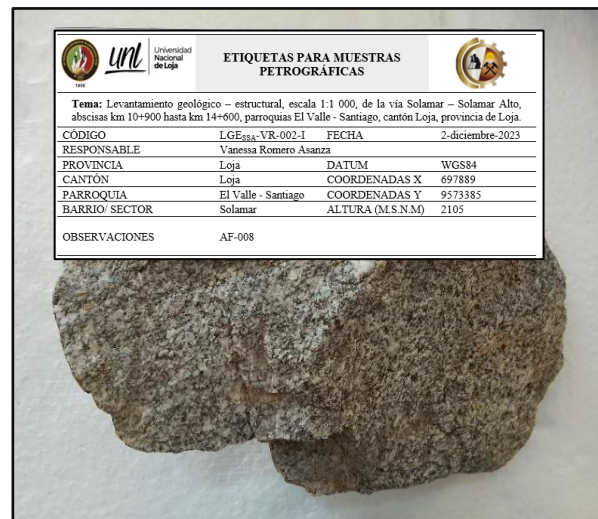
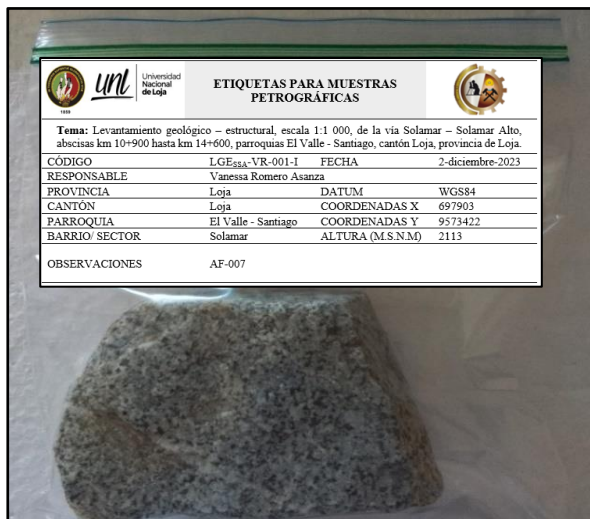
OBSERVACIONES

En la tabla expuesta a continuación, se muestra de forma sintetizada y precisa la ubicación geográfica referenciada en coordenadas UTM WGS-84 donde fue tomada cada una de las muestras de roca recolectada en el polígono de área estudiado.

Tabla 12. Ubicación geográfica de muestras recolectadas

CÓDIGO MUESTRA	COORDENADA X (m)	COORDENADA Y (m)	COORDENADA Z (m.s.n.m)	ROCA
LGE _{SSA} -VR-001-I	697903	9573422	2113	Granodiorita
LGE _{SSA} -VR-002-I	697889	9573385	2105	Granodiorita
LGE _{SSA} -VR-003-M	697364	9572998	2199	Esquisto
LGE _{SSA} -VR-004-M	696218	9572628	2333	Esquisto

Fotografía 6. Etiquetado de muestras de interés petrográfico



5.6.2. Metodología para el segundo objetivo

“Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico la litología encontrada”.

De acuerdo al objetivo planteado, la caracterización petrográfica se desarrolló mediante reconocimiento directo de las propiedades y atributos generales que presenta cada roca como color, estructura, tamaño de grano y estado de alteración a escala macroscópica, mientras que, para la determinación del contenido mineralógico y textura rocosa, se realizó observación microscópica, de manera que finalmente las observaciones realizadas en el análisis petrográfico permitan caracterizar y asignar un nombre a la roca.

Para registro de la caracterización de muestras (rocas) recogidas, se emplearon fichas de descripción petrográfica, las cuales sujetan las características petrográficas y propiedades generales anteriormente mencionadas. Las fichas empleadas (*ver tabla 13*) para el efecto, fueron adaptadas según el objetivo de la investigación considerando la información propuesta por INIGEMM en el *“Manual y herramientas (Fichas e instructivos) para la normalización de descripción de muestras petrográficas macroscópica y microscópica de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias”*.

Fotografía 7. Caracterización petrográfica de muestras



Para la identificación y caracterización de las muestras de roca, se empleó como base, criterios petrográficos, gráficas auxiliares y fichas bibliográficas de descripción petrográfica ígnea y metamórfica, coherente a la litología encontrada en el área.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Si bien, en el estudio sistemático de todas las rocas se incluye la textura y la composición, en cada grupo los criterios utilizados para la clasificación y nomenclatura son diferentes. Sin embargo, en la mayoría de los casos se utiliza proporciones modales (% en volumen) de minerales o de distintos componentes de roca que son representados en diagramas de estimación visual de porcentajes.

- **Caracterización petrográfica de rocas ígneas**

El estudio sistemático de las rocas ígneas incluye la textura y la composición tanto química como mineralógica. En referencia a la textura de las rocas ígneas, el principal factor, aunque no el único que influye en su textura, es la velocidad de enfriamiento, la cual depende esencialmente de la profundidad a la que se produce la cristalización, además de la forma y el tamaño de los cuerpos magmáticos que se están enfriando. En cuanto a la composición, los minerales que pueden constituir la roca ígnea pueden agruparse a efectos de clasificación y nomenclatura de la roca según el criterio de abundancia y color.

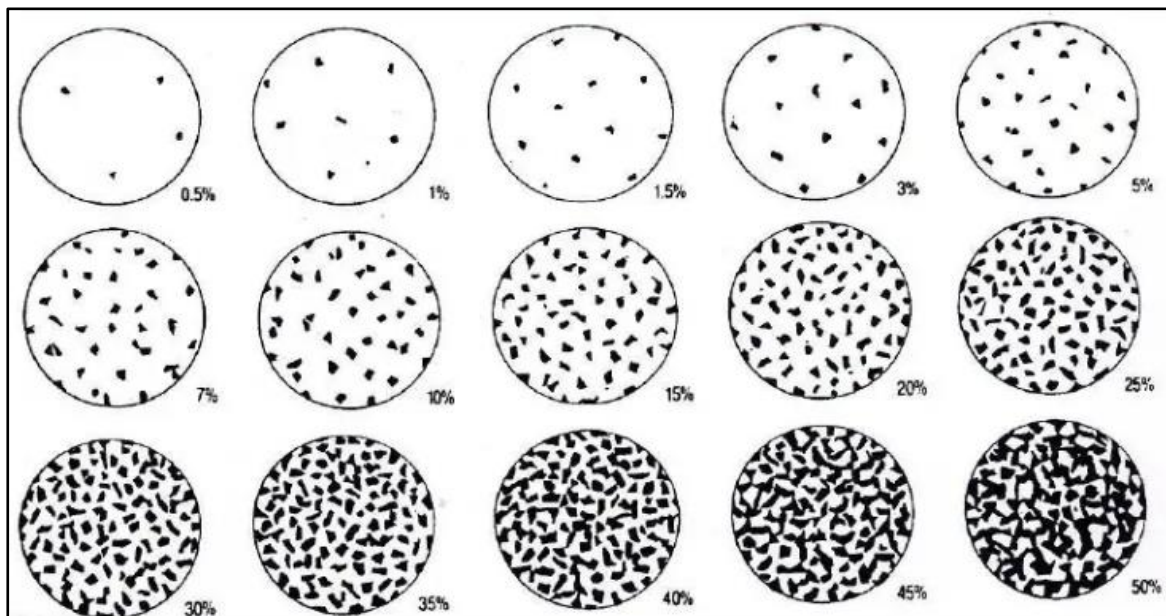
- a. Por su abundancia los minerales pueden ser esenciales si están en más del 5% en volumen (se usan para la clasificación y nomenclatura de la roca) o accesorios si están en menos del 5 % en volumen y secundarios cuando se han formado por transformación o alteración de otros anteriores.
- b. Por su composición y color se tiene minerales félsicos (feldespatos y sílice) o de colores claros, que incluyen; cuarzo (Q), feldespato alcalino (A), plagioclasa (P) y feldespatoideos (F) y minerales máficos con hierro y magnesio (M) u oscuros que incluyen; olivino, todos los piroxenos, anfíboles y las micas, así como otros minerales accesorios.

En general, la clasificación sistemática de las rocas ígneas se hace en función de la composición mineralógica modal de los minerales esenciales que la constituyen. El contenido mineral modal significa la participación cuantitativa de los minerales en porcentajes de volumen global de la roca en cuestión y se puede determinarlo microscópicamente. Para el caso, se empleó el diagrama de Streckeisen o “QAPF”, que es actualmente el diagrama más oficial en la denominación de rocas ígneas, además, que permite de una manera sencilla la denominación de rocas plutónicas y volcánicas, de manera que, con solo conocer el contenido modal de cuatro minerales en una muestra y textura permite definir al final el nombre de la roca. Es importante indicar que este diagrama es válido para rocas intrusivas, hipoabisales y volcánicas.

Clasificación y denominación de rocas ígneas mediante uso de diagrama de Streckeisen

1. Considerar el nivel de emplazamiento de la roca si es de origen intrusivo o extrusivo, si se desconoce, se recurre a la simplificación de asumir según sea su textura, así, las rocas faneríticas son intrusivas y las porfíricas o afaníticas son extrusivas, por tanto, el primer paso para esta clasificación es tomar en cuenta el aspecto textural y posterior, la composición mineralógica.
2. Efectuar el análisis modal, tomando en cuenta los minerales principales de las rocas, Q (cuarzo), P (plagioclasa), A (feldespato potásico) y F (feldespatoideos). El cuarzo y los feldespatoideos son incompatibles, razón por la que ocupan extremos opuestos en el doble triángulo. No obstante, una roca puede contener muchos más minerales, por lo que el análisis composicional debe considerar a todos. Para el análisis composicional se empleó la tabla de estimación porcentual propuesta por Philpotts, A.R., (1989).

Figura 11. Estimación de la composición porcentual

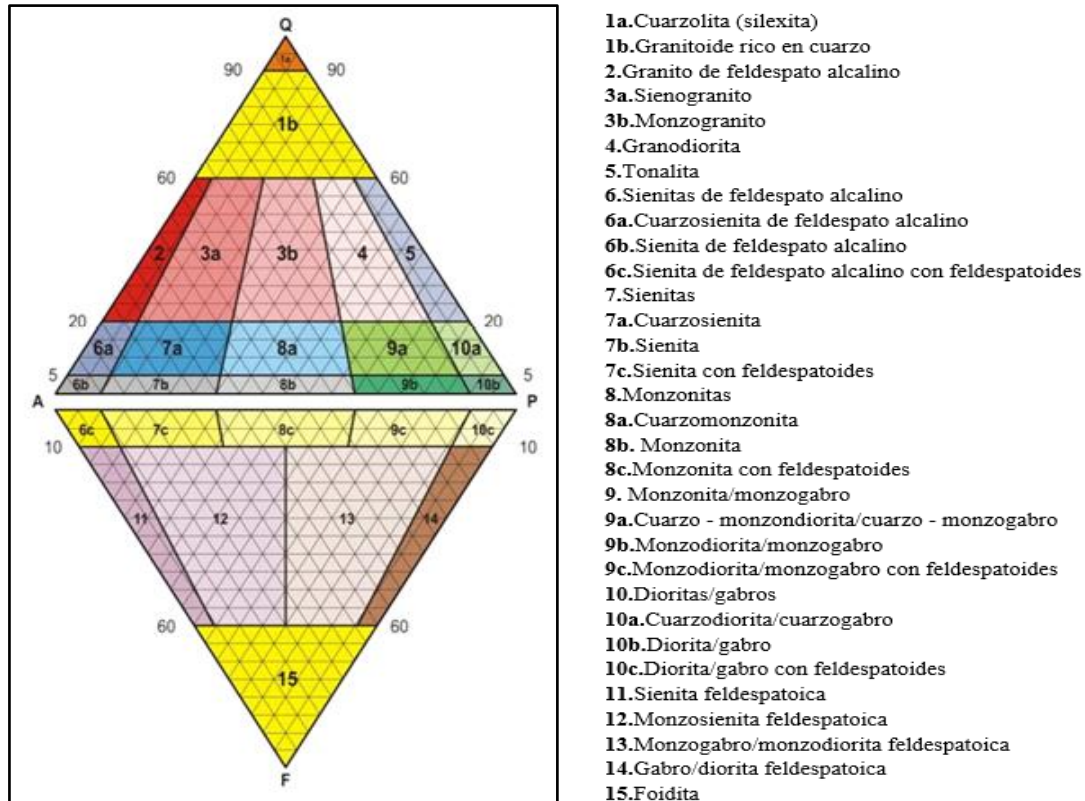


Nota: Tomado de Petrography of igneous and metamorphic rocks; Philpotts, A.R., (1989).

3. Una vez obtenida la composición porcentual, se recalcula al 100 % únicamente los minerales de interés Q (cuarzo), P (plagioclasa) y A (feldespato potásico).
4. Los tres porcentajes recalculados obtenidos se proyectan en el diagrama de Streckeisen (*ver figura 12*), considerando que cada vértice corresponde al 100 % de ese componente y el cruce de los tres componentes, determinará un punto concreto que identificará a que roca ígnea corresponde.

5. Finalmente, para la denominación de la roca, se considera la gráfica de clasificación de rocas ígneas intrusivas que se presenta a continuación, obteniendo según la numeración dada en el diagrama, el nombre de la roca correspondiente.

Figura 12. Diagrama de Streckeisen para clasificación rocas ígneas intrusivas



Nota: Tomado de Diagrama QAFP, rocas ígneas; Moreno, R., Ibáñez, S.

- Caracterización petrográfica de rocas metamórficas

Según lo planteado en el artículo de petrología metamórfica del departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, la subcomisión dedicada a la sistemática de las rocas metamórficas (SCMR), sugiere adoptar como principios generales para la clasificación y nomenclatura de dichas rocas, que:

- La nomenclatura de las rocas metamórficas debería basarse en primera instancia en características directamente observables a escala macroscópica y, de ser necesario microscópica.
- Debe evitarse el empleo de términos genéticos en la definición primaria de tipos de roca. Tales términos deberán emplearse cuando los procesos genéticos están claramente definidos, así como los criterios para su identificación.

Además, sostiene que las principales características de las rocas que pueden ser empleadas para efectos de clasificación y nomenclatura son su mineralogía, estructura, naturaleza del protolito, condiciones de formación y composición química. Sin embargo, a tratarse de un conjunto de parámetros heterogéneos en cuanto a carácter y requisitos de observación, la mineralogía y estructura constituyen las características más accesibles, ya que de estas dependen indirectamente la determinación de los otros parámetros. Por tanto, las recomendaciones dadas por la SCMR incluyen que los nombres más comunes de las rocas metamórficas se basen principalmente en estas dos características.

En base a ello, en el presente estudio se consideró los parámetros de composición mineralógica y textura, partiendo que la textura hace referencia a la distribución de las partículas que constituyen una roca, para el caso, se utilizó la tabla de clasificación de las rocas metamórficas comunes propuesta por Tarbuck y Lutgens (2005), (ver figura 13).

Figura 13. Clasificación de rocas metamórficas comunes

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Follada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco follada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerato		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No follada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Corneana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita		Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concolde	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Nota: Tomado de Ciencias de la Tierra, Tarbuck y Lutgens (2005).



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

A continuación, se presenta la ficha de descripción petrográfica empleada.

Tabla 13. Ficha de descripción petrográfica

		FICHA DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	
Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.			
INFORMACIÓN GENERAL			
CÓD. MUESTRA	FECHA		
CÓD.AFLORAMIENTO	RESPONSABLE		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
PROVINCIA	DATUM		
CANTÓN	COORDENADAS X		
PARROQUIA	COORDENADAS Y		
BARRIO/ SECTOR	ALTURA (m.s.n.m)		
DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA		FOTOGRAFÍA	
COLOR			
TEXTURA			
ESTRUCTURA			
TAMAÑO DE GRANO			
TIPO DE MUESTRA			
ESTADO DE MUESTRA			
CONTENIDO MINERALÓGICO			
MINERALES PRINCIPALES			
MINERALES SECUNDARIOS			
NOMBRE DE LA ROCA			
DESCRIPCIÓN			



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

5.6.3. Metodología para el tercer objetivo

“Elaborar el mapa geológico – estructural de la vía Solamar – Solamar Alto a escala 1:1000”.

Esta fase partió de la sistematización e interpretación de la información y datos recolectados, generados y analizados, considerando que un mapa geológico - estructural es la herramienta importante para representar a través de información visual el comportamiento geológico – estructural de una zona geográfica de estudio. Para cumplimiento de este objetivo se realizó las siguientes actividades:

1. Se integró la información de campo obtenida junto a la de oficina, adaptándolas a las necesidades y recursos de la presente investigación, para lo que se configuró una base sólida y ordenada de dicha información mediante la herramienta Microsoft Excel.
2. A partir de la base de datos generada, se aprobó su procesamiento y traslado correcto al Sistema de Información Geográfica ArcGIS, el cual, una vez ejecutada las herramientas pertinentes, permitió la representación de la litología en polígonos, estructuras geológicas y datos estructurales.
3. Se procedió a elaborar el mapa geológico – estructural como borrador preliminar del área de estudio referenciado en coordenadas UTM WGS-84 Zona 17S.
4. Empleando el borrador del mapa preliminar generado, se corroboró en campo la información obtenida y registrada, rectificando errores y reajustándose, de manera que la misma sea la correcta para la presentación final del mapa geológico – estructural.
5. Finalmente, definido el mapa geológico – estructural, se procedió a la confección de los respectivos cortes geológicos, los cuales presentan una ligera percepción del modelamiento del subsuelo del área con la disposición de sus capas litológicas.

Es importante señalar que, para la confección del mapa geológico - estructural a escala 1:1000, se tomó como referencia la Guía para la interpretación y elaboración de mapas geológicos de Camargo (2004), mientras que para la elaboración de los perfiles geológicos se consideró la metodología desarrollada en el libro de Martínez J. (1981) *“Mapas geológicos (Explicación e interpretación)”* el cual proporciona las directrices generales desde la elaboración del perfil topográfico, hasta la interpretación geológica de las líneas de corte. Así también, para la representación del mapa se consideró los *Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica* propuesta por el IIGE, (2019).



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

6. Resultados

7.1. Resultados del primer objetivo

“Identificar y caracterizar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en la zona de estudio”.

7.1.1. Geología local

La caracterización geológica efectuada en el área de estudio, permitió redefinir las unidades litológicas establecidas en la hoja geológica de Loja, a la vez que posibilitó aportar nuevas interpretaciones al conocimiento del comportamiento geológico estructural del área. El levantamiento realizado se efectuó mediante la ejecución del método de mapeo por afloramientos, a partir del que se identificaron y describieron 25 de ellos, los cuales han permitido sostener que la zona se encuentra geológicamente comprendida por dos unidades geológicas en las que se definen los materiales litológicos detallados a continuación:

7.1.1.1. Rocas intrusivas

En general las rocas ígneas se forman a partir de la solidificación del magma, clasificándose dependiendo de su ambiente de formación. Las ígneas intrusivas encontradas en campo, son producto del enfriamiento del magma, antes de aflorar a la superficie. Estas poseen comúnmente una microestructura desordenada, generalmente se caracterizan por ser rocas muy duras y densas, y en su estado natural inalterado poseen una resistencia al cortante muy alta, como se pudo constatar en campo en los afloramientos de granodiorita contemplados.

En el área considerada, estas rocas se exponen en menor a mínima proporción en el área de trabajo, encontrándose específicamente en los primeros afloramientos de la vía y su margen. En este sentido, esta litología se encuentra presente al NE del área en una pequeña superficie, comprendiendo el 3,84% correspondiente a 5,90 Ha. Este tipo de roca ígnea intrusiva plutónica, en la zona responde a cuerpos granodioríticos de textura fanerítica de grano medio visible a simple vista, de coloración gris moteado con tonalidades de color blanco y negro, de contenido mineralógico importante compuesto principalmente por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, biotita y en menor proporción hornblenda. En los afloramientos se exhibe detonando importante compactación y dureza, debido a su alto contenido de cuarzo y plagioclasa lo que le permite permanecer en el afloramiento con alta resistencia al golpe mecánico.

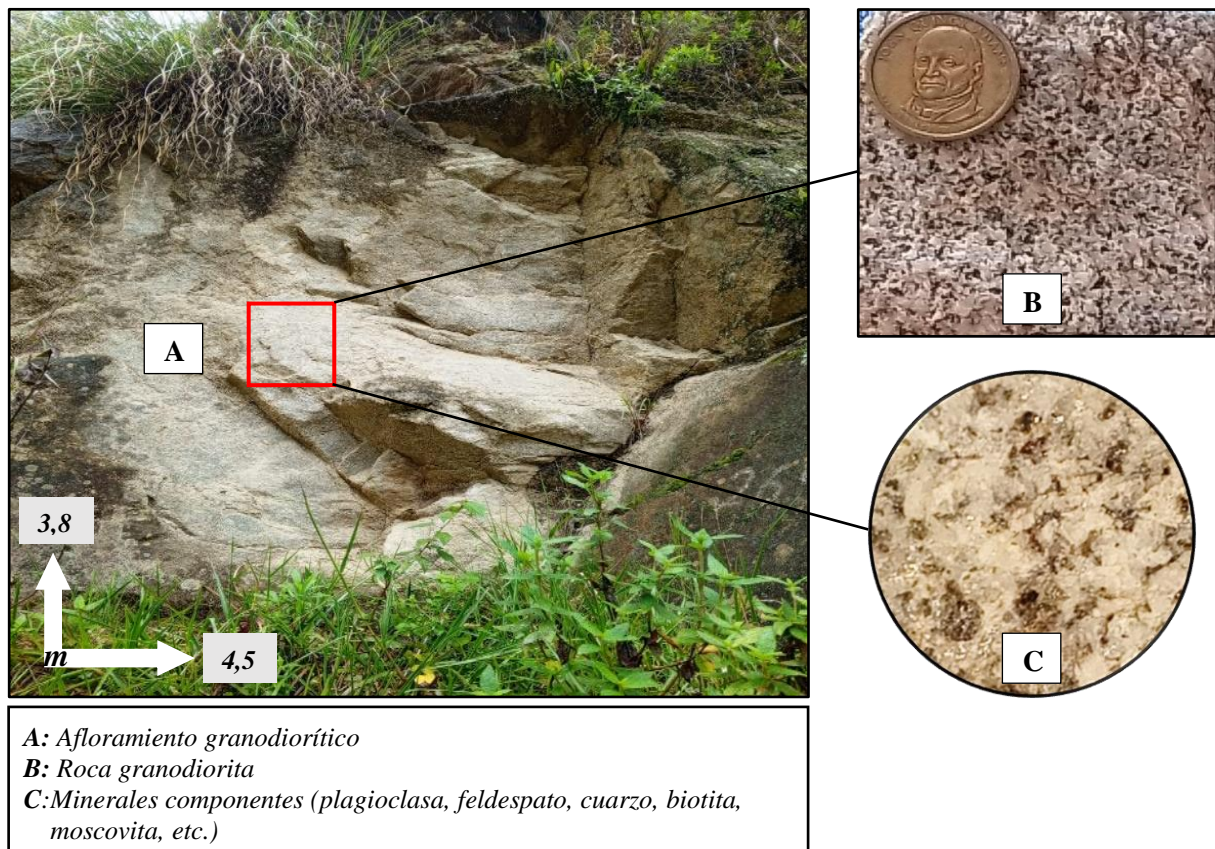
Granodiorita

En el área de estudio, se observaron exclusivamente tres afloramientos de granodiorita, los cuales comprenden geográficamente el área comprendida entre las coordenadas UTM WGS-84 697903 E; 9573422 N; 697889 E; 9573385 N y 697890 E; 9573395 N, continuando el margen de la vía Solamar – Solamar Alto. Es muy probable que este tipo de roca intrusiva, continúe extendiéndose en los afloramientos de la vía antigua a Cuenca, ya que es precisamente en donde se deriva de esta la vía Solamar Alto, donde se observó el primer afloramiento granodiorítico.

Tabla 14. *Ubicación de afloramientos de granodiorita*

CÓDIGO	COORDENADAS		
	X (m)	Y (m)	Z (m.s.nm)
AF-007	697903	9573422	2113
AF-008	697889	9573385	2105
AF-009	697890	9573395	2121

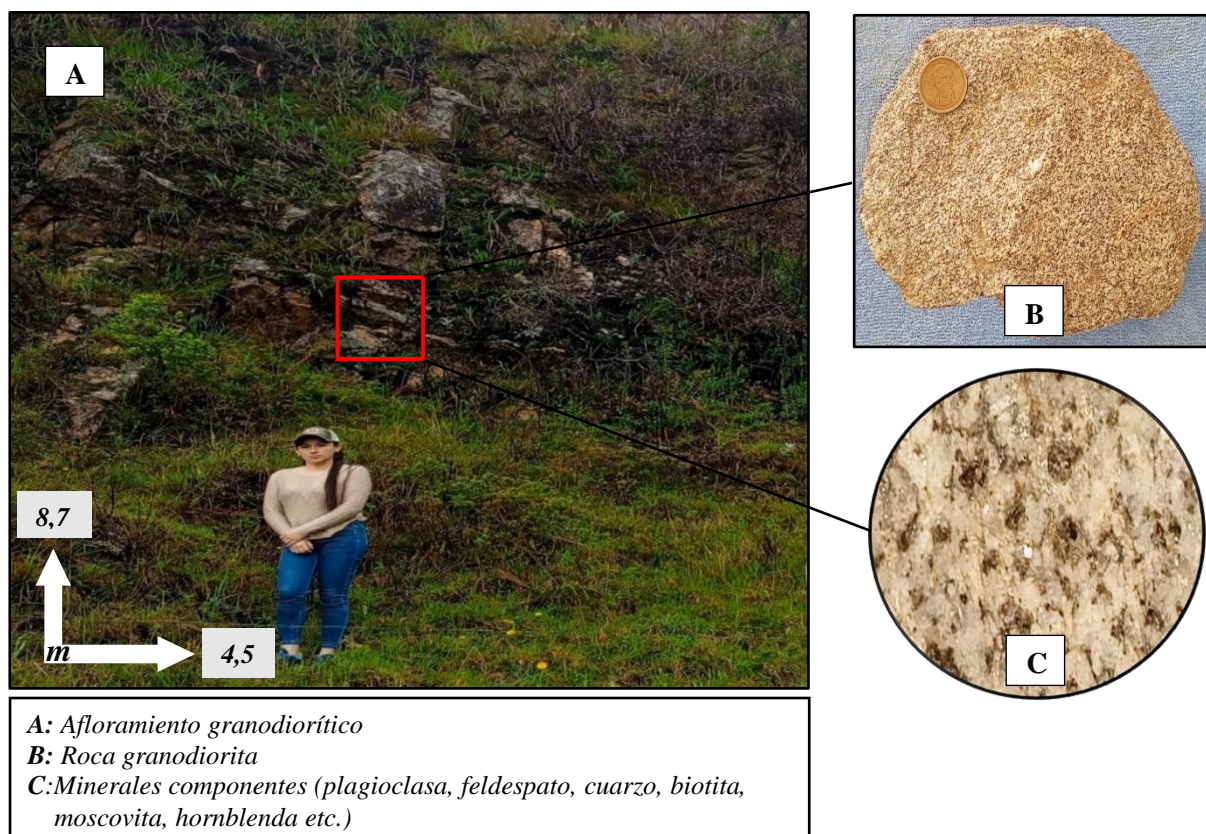
Fotografía 8. *Afloramiento de granodiorita AF-007*



El afloramiento AF-007 corresponde a su origen antrópico por la apertura de vía, se encuentra al margen derecho de inicio de la vía Solamar – Solamar Alto en las coordenadas UTM WGS-84 697903 E; 9573422 N, tiene una altura de 3,80 metros y 4,50 metros de ancho.

Este afloramiento granodiorítico expone a la roca de forma masiva y compacta, caracterizándose por el alto contenido de cuarzo y feldespato de alta resistencia mecánica que lo componen. No evidencia grado de alteración relevante. Desde el punto de vista mineralógico, es fácilmente reconocible la presencia de algunos minerales en el macizo rocoso como la alta presencia de micas y cuarzo que se diferencian por su disposición hexagonal.

Fotografía 9. Afloramiento de granodiorita AF-008



El afloramiento AF-008 de tipo antrópico, se encuentra en las coordenadas UTM WGS-84 X 697889; Y 9573385, tiene una altura de 8.70 metros y 4.50 metros de ancho. Se evidencia bloques de granodiorita insertados de forma intrusiva sobre el mismo, en su mayoría cubiertos de vegetación, mientras que la parte rocosa aflorante se encuentra cubierto de finas capas de algas y líquenes debido a la humedad que mantiene por las filtraciones que recibe de la parte superior lo que ha permitido que el material sobresaliente alcance un notorio grado de meteorización y oxidación producto de la exposición con la atmósfera y el agua.



7.1.1.2.Unidad Agoyán

La Unidad Agoyán, es la unidad litológica de mayor extensión comprendida con el 96,16% del área total. Geológicamente, se emplaza en el norte de la cuenca de Loja y se proyecta hasta el barrio Solamar, zona de nuestro interés. Esta unidad se encuentra compuesta por material metamórfico, específicamente de esquistos, los cuales presentan alteraciones, por lo que, para consideración y relevancia en la presentación del mapa geológico – estructural, se valoró diferenciarlos según su grado de alteración, teniendo esquistos de grado bajo, medio y alto.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y para mayor percepción al momento de interpretar la geología del área, se consideró importante resaltar que el criterio de distinción seleccionado, proceso de alteración, hace referencia a la capacidad de soportar la acción de agentes externos como meteorológicos, ya que la alteración es un proceso que puede estar controlado por la humedad, la temperatura como por la presencia de vegetación y está íntegramente relacionada con los minerales que contiene la roca, ya que son los minerales los que poseen ciertas características que los hacen más o menos resistente al proceso de alteración.

Esquistos de alteración baja

En campo se identificó cuatro afloramientos considerados de baja alteración por la apariencia que refleja el talud revelado, al percibirse de aspecto sólido y resistente. Esta litología se encuentra expuesta al NE y SW del área, abarcando una superficie de 16,00 Ha equivalente al 10,41% del total del territorio estudiado.

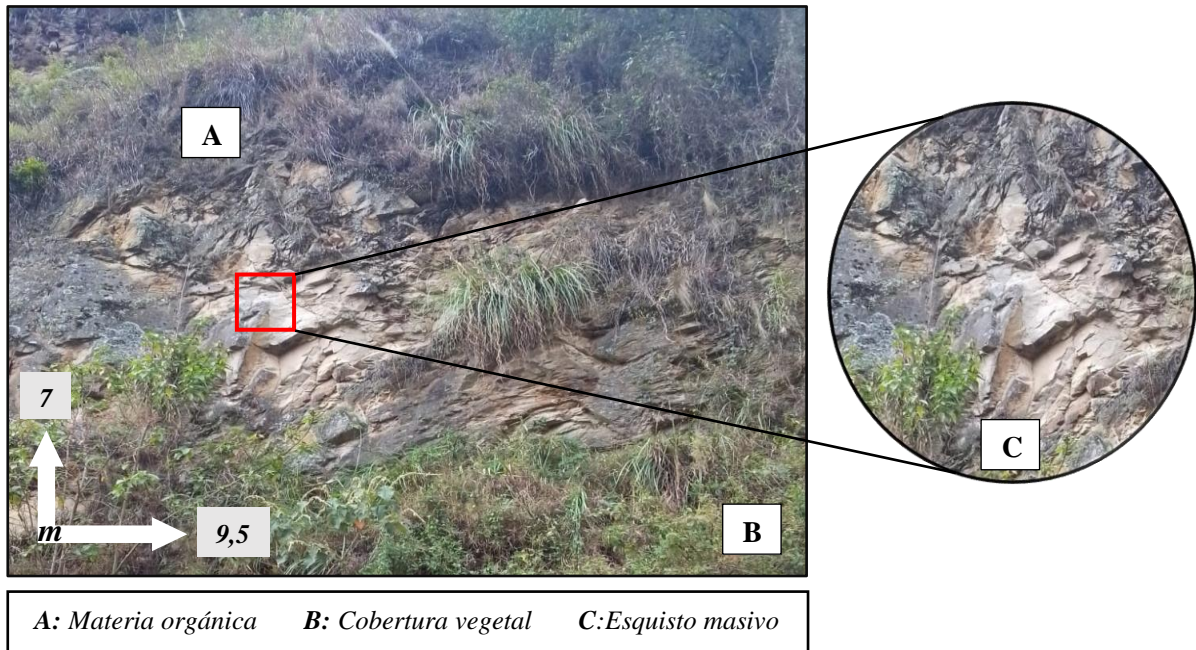
A este tipo de alteración, se le atribuye que los afloramientos considerados han estado expuestos a diferentes condiciones físicas, meteorológicas o una combinación de ambas, como la temperatura, humedad, presencia de vegetación, así como el tiempo en que la roca estuvo sometida o expuesta a las circunstancias meteorológicas fue diferente y eminentemente menor que los afloramientos de alteración media y alta. Además, se presume que los esquistos que componen a estos afloramientos, en el proceso de transformación debieron alcanzar zonas de mayor presión y temperatura permitiendo que alcancen un grado de compacidad mayor.

Tabla 15. *Ubicación de afloramientos de alteración baja*

CÓDIGO	COORDENADAS		
	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)
AF-016	697364	9572998	2199

AF-017	697369	9572979	2187
AF-024	695692	9572465	2364
AF-025	695567	9572710	2392

Fotografía 10. Afloramiento de esquistos de alteración baja AF-017



En las coordenadas UTM WGS-84 697369 E; 9572979 N, se evidencia el afloramiento codificado AF-017 de origen antrópico por apertura de vía, con altura de 7 metros y ancho de 9.5 metros, conformado por rocas metamórficas de esquistosidad desarrollada, en capas foliadas laminares de importante volumen depositadas de forma irregular. La textura foliada que manifiesta, se debe a la orientación preferente de los minerales en forma de planos que contiene. En este afloramiento los esquistos observados muestran una coloración clara dada la presencia de feldespatos, mientras que la capa oscura que descansa sobre cierta parte de estos, es el resultado de la acumulación de materia orgánica adherida y contenido de esporas de moho que se han desarrollado en supuesta presencia de humedad.

Este afloramiento se encuentra posicionado al margen derecho de la vía y se caracteriza por poseer baja alteración y al momento de su identificación, nula presencia de humedad, sin embargo, si se evidencia ligera vegetación que rodea el macizo expuesto.

Esquistos de alteración media

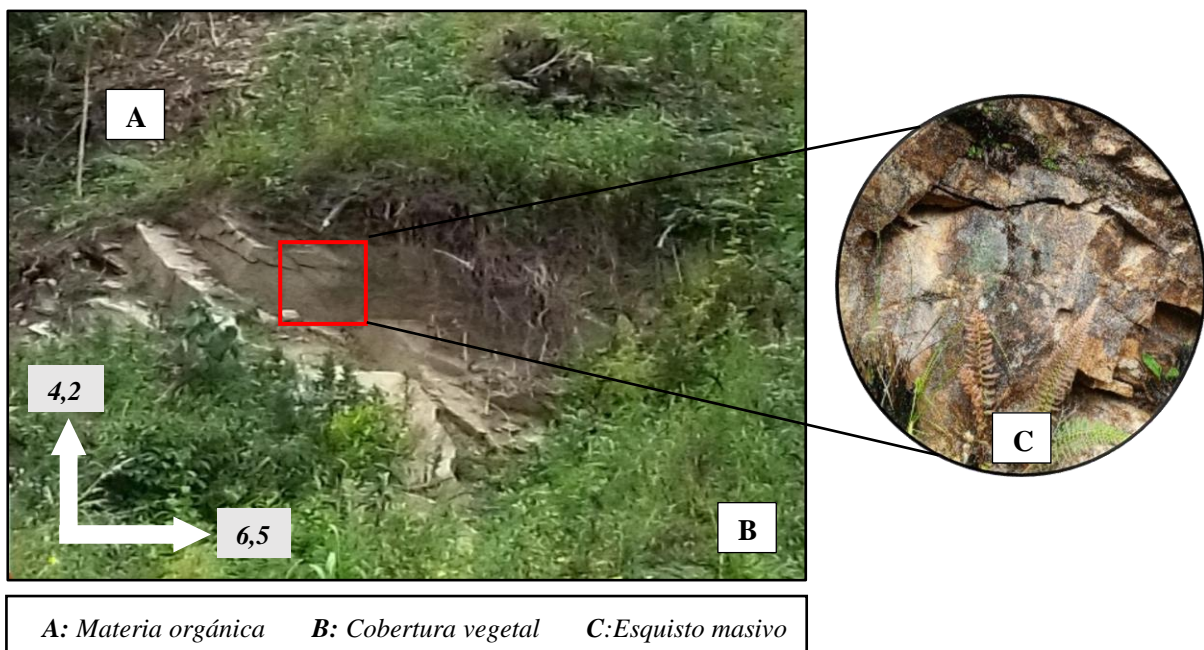
Los afloramientos reconocidos con grado de alteración media constituyen el mayor número de afloramientos presentes en el área (11), focalizando su mayor presencia al NE y en minoría

al SW, concentrando 20,86 Ha de área estudiada relativo a 13,57%. Estos manifiestan una alteración regular, según lo contemplado en campo. A este grado de alteración se le atribuye el concepto de moderada resistencia, dado que las condiciones en las que se encontraban no implicaron signos de fragilidad o inconsistencia y menos de firmeza íntegra del frente de talud.

Tabla 16. *Ubicación de afloramientos de alteración media*

CÓDIGO	COORDENADAS		
	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)
AF-001	697684	9572859	2050
AF-002	697734	9572871	2041
AF-003	697861	9572962	2159
AF-004	697983	9573033	2063
AF-005	697990	9573067	2071
AF-006	697945	9573416	2083
AF-013	697742	9572986	2196
AF-014	697740	9572978	2225
AF-015	697766	9572969	2217
AF-020	696507	9572555	2297
AF-021	696424	9572585	2311

Fotografía 11. *Afloramiento de esquistos de alteración media AF-020*



En este afloramiento caracterizado por presentar un arreglo foliado y planar en sus capas parcial y homogéneamente distribuidas, se evidencia una ligera condición de compactación y baja porosidad, lo que denota una cierta resistencia a la edafización.

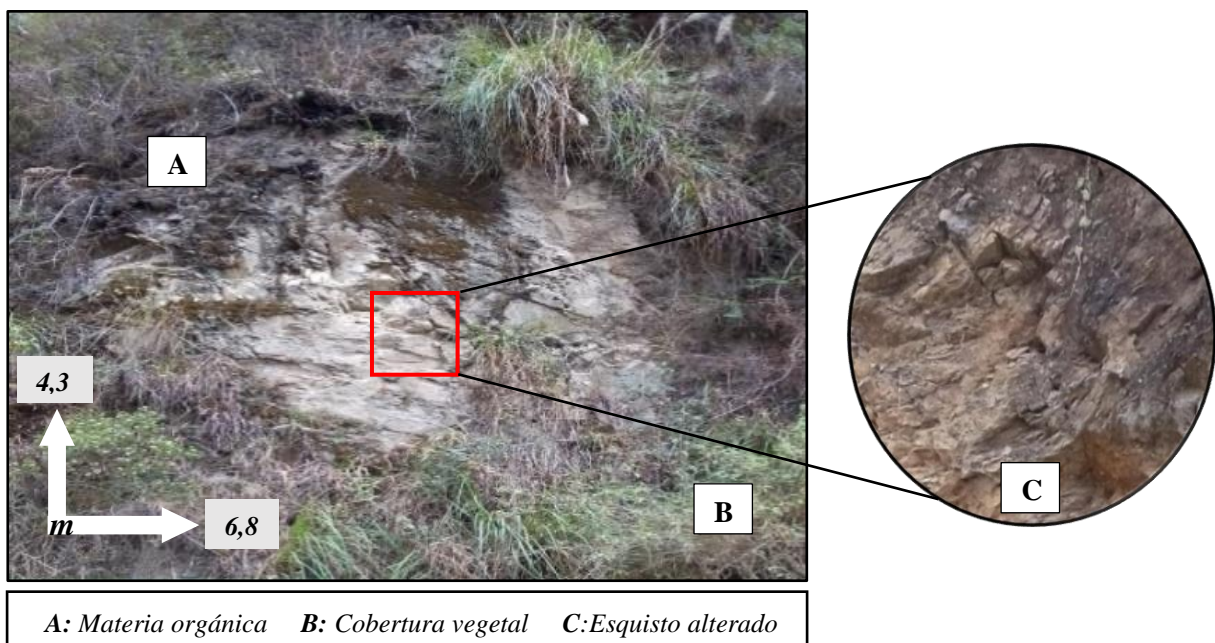
Esquistos de alteración alta

Mediante recorrido y levantamiento de información en campo, se evidenció que el área presenta siete afloramientos de esquistos catalogados de grado de alteración alta, mismos que se encuentran ampliamente distribuidos en el polígono de trabajo abarcando desde el NE al SW 110,96 Ha equivalente a 72,18% del total del área territorial. A excepción del afloramiento codificado AF-018, que presenta un grado de alteración relativamente superior, los afloramientos restantes manifiestan similares características, exhibiendo un talud de esquistos en capas laminares de fácil desprendimiento, hipotéticamente causado por la exposición a las condiciones superficiales y contacto con la atmósfera. Para mayor referencia, en la siguiente tabla se expone la ubicación geográfica de los afloramientos de alteración alta.

Tabla 17. *Ubicación de afloramientos de alteración alta*

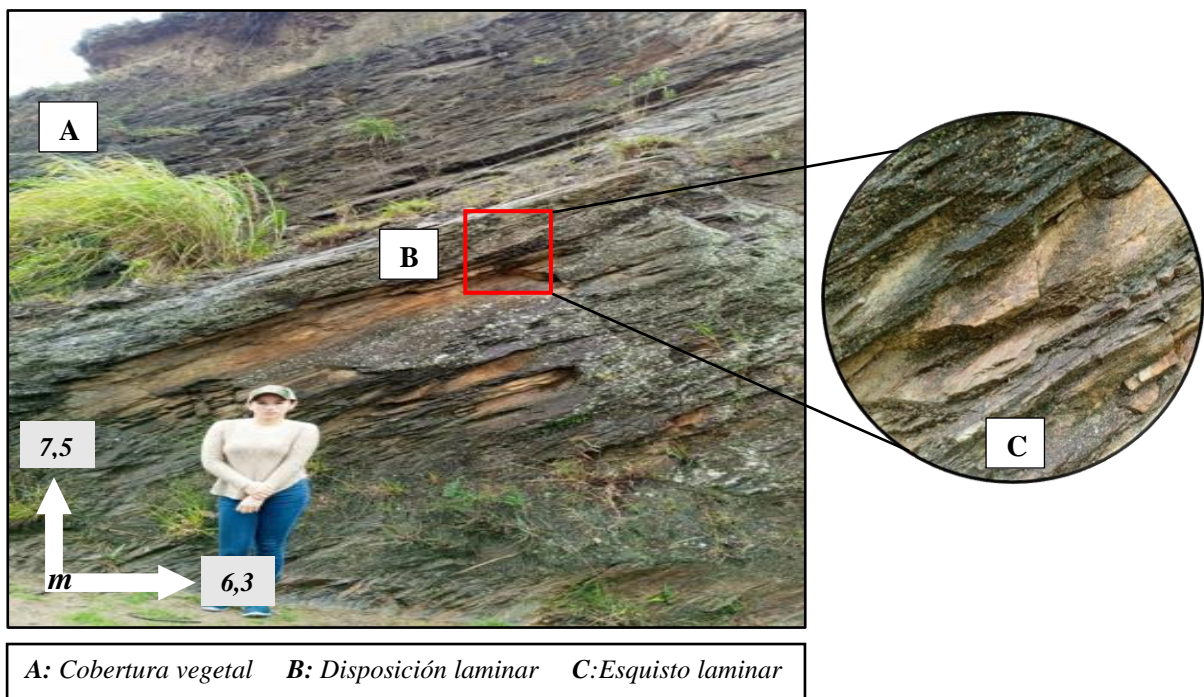
CÓDIGO	COORDENADAS		
	X (m)	Y (m)	Z (m.s.n.m)
AF-010	697893	9573348	2103
AF-011	697931	9573135	2121
AF-012	697736	9572985	2218
AF-018	697391	9572922	2187
AF-019	696988	9572538	2241
AF-022	696218	9572628	2333
AF-023	695860	9572502	2345

Fotografía 12. *Afloramiento de esquisto de alteración alta AF-010*



El área de estudio, además de poseer esquisto de orden compacto y masivo, también evidencia afloramientos de alto grado de alteración, permitiendo su fácil desprendimiento en capas laminares. En el área, este tipo de afloramiento se ubican en varios puntos geográficos. Por lo general los afloramientos de este tipo de contenido de esquisto meteorizado, son de pequeña extensión como se observa en la fotografía 12, de altura 4.3 metros y de ancho 6.8, caracterizándose por el contenido de esquistos de coloración clara debido a la representación en su mayoría de minerales de feldspatos presentes.

Fotografía 13. Afloramiento de esquisto (laminar) de alteración alta AF-018

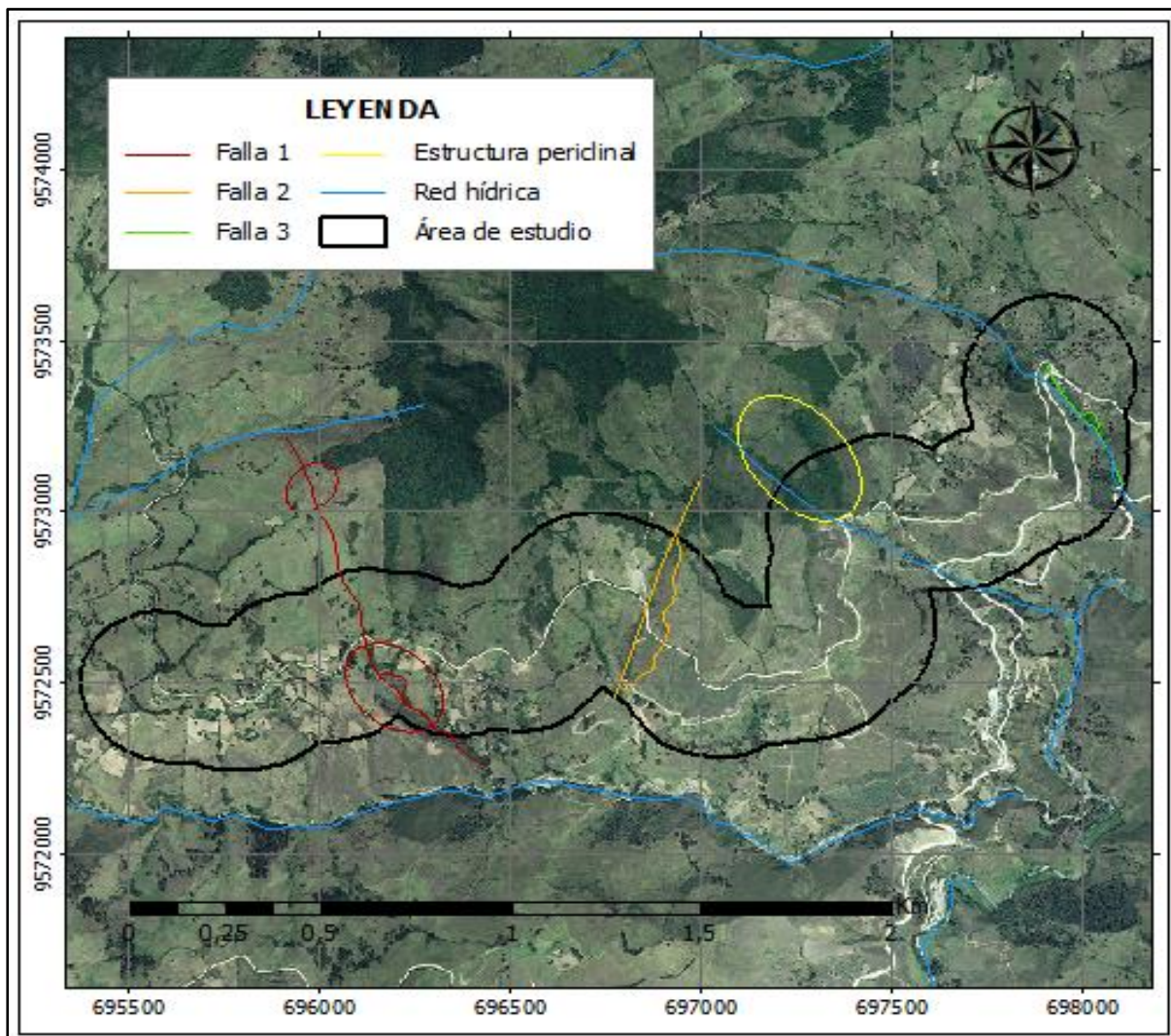


El afloramiento AF-018 ubicado en las coordenadas UTM WGS-84 697391 E; 9572922 N, de altura en metros de 7.5 y ancho de 6.30 metros, presenta un alto grado de alteración y oxidación de las capas superficiales producto de los agentes externos de la meteorización y humedad presente. Además, es notable que expone abiertamente esquistos de textura laminar nacarados, debido a su alto contenido de minerales micáceos reconociendo en ellos un particular y especial brillo satinado. A más del brillo, incluidos en la roca minerales de mica como la biotita y la moscovita que se encuentran comúnmente en un esquisto, en este afloramiento se puede afirmar que netamente son estos minerales los responsables de la estructura en capas y de su foliación característica, ya que son minerales de orden laminar caracterizados por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles, elásticas y muy brillantes, pertenecientes al subgrupo de los filosilicatos, en el que su sistema cristalino es monoclinico.

7.1.2. Geología estructural

En base a lo expuesto en la hoja geológica de Loja (Hoja 56, NVI-F) 2017, a escala 1: 100 000, en el área de estudio estructuralmente se encontrarían dos fallas, una observada y otra inferida, sin embargo, se contrasta esta información expuesta, dado que no se ha observado e identificado algún tipo de estas fallas o indicios de su presencia en la ubicación geográfica establecida por la carta geológica, aunque si se reconoce a partir del análisis fotointerpretativo de carácter estructural realizado mediante ortofotos y considerando los lineamientos de López Vergara, (1988), tres fallas inferidas (fotointerpretadas) en distintas ubicaciones geográficas a las indicadas por la carta y nuevas estructuras como resulta un pliegue periclinal, además, a esto se suma el micropliegue sinclinal y el contacto litológico observados en campo, de modo que esta información corresponde a evidencias percibidas a una escala detallada.

7.1.2.1. Fallas inferidas



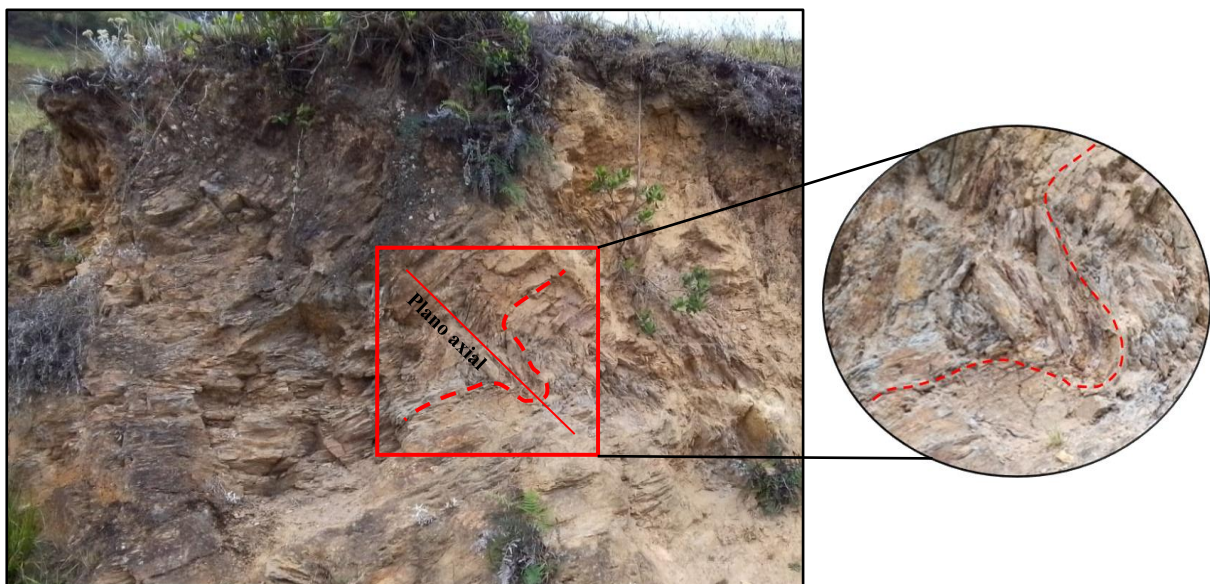
De acuerdo a los lineamientos establecidos por López Vergara, (1988), las tres fallas inferidas determinadas en fotointerpretación resultan de indicios como la alineación del terreno, la configuración topográfica a lo largo del rumbo de la falla, la distinción de ensilladura de falla con forma topográfica y por la evidencia del desarrollo de facetas triangulares. (*Ver anexo 1*).

7.1.2.2. Micropliegue

Los pliegues constituyen una de las estructuras secundarias más frecuentes de encontrar en campo y son producto de una deformación plástica a causa de los esfuerzos de compresión que reciben los estratos. En las coordenadas UTM WGS-84 695860 E; 9572502 N, afloramiento AF-023, se identificó un micropliegue de tipo sinclinal inclinado mostrando un plegamiento en una escala entre 60 y 70 centímetros con flancos que manifiestan una dirección asimétrica hacia el centro de la estructura, como se evidencia en la fotografía 14. En referencia al material plegado, este corresponde a esquistos altamente alterados, compuestos por minerales planos que se alinean de tal manera que provocan que la roca se rompa con facilidad en fragmentos planares.

Dada la reducida extensión del pequeño plegamiento en el afloramiento y debido a la escala de trabajo efectuada, no es posible su representación gráfica en el mapa geológico estructural ya que este no sería reflejado y observado en el mismo, lo que resultaría insignificante.

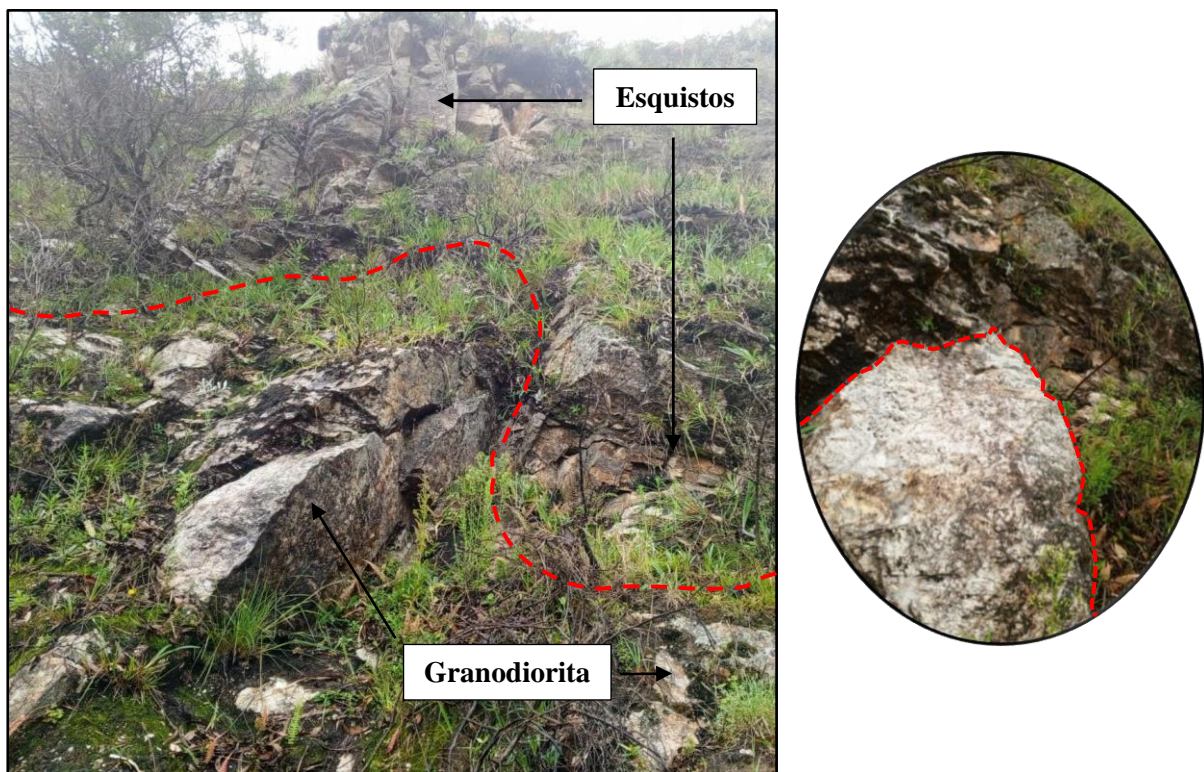
Fotografía 14. *Pliegue sinclinal*



7.1.2.3. Contacto litológico

En las coordenadas UTM WGS-84 697890 E; 9573395 N, afloramiento AF-009 se identificó el cambio brusco de litologías identificando la existencia de un contacto litológico entre material metamórfico y la intrusión de granodiorita, correspondientes a la Unidad Agoyán y rocas intrusivas respectivamente. La exposición del cambio litológico se da entre esquistos en la parte superior e inferior derecha y granodioritas en la parte inferior izquierda del afloramiento. Cabe señalar que la granodiorita se encuentra incrustada, aflorando tan solo una pequeña proporción de ella en comparación a la presencia del esquistos.

Fotografía 15. *Contacto litológico*



7.2. Resultados del segundo objetivo

“Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico la litología encontrada en el sector”.

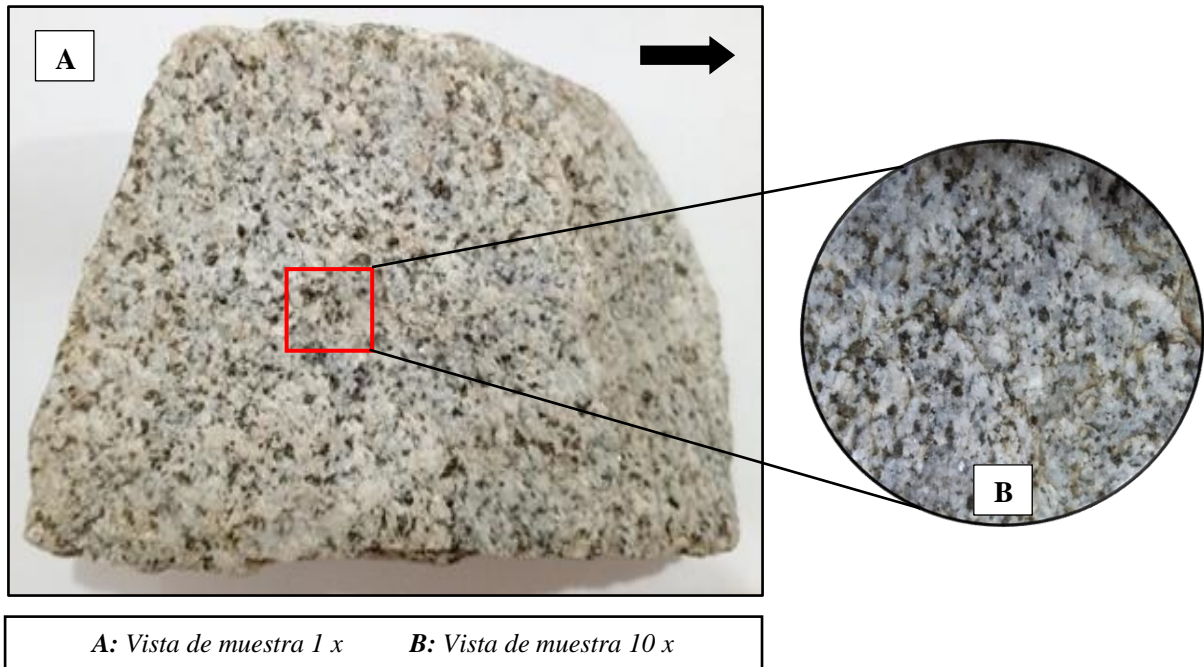
7.2.1. Caracterización macroscópica

Para la caracterización macroscópica de la litología encontrada en el área, se consideró importantes muestras siendo catalogadas como representativas de acuerdo a la formación geológica a la que pertenecen y considerando su particularidad como en el caso del esquistos, se

seleccionó muestras según el grado de alteración de los afloramientos identificados. La caracterización mineralógica de la roca, se realizó a escala microscópica mediante microscopio estéreo zoom con aumento de lente ocular de 20x.

7.2.1.1. Muestra LGE_{SSA}-VR- 001-I

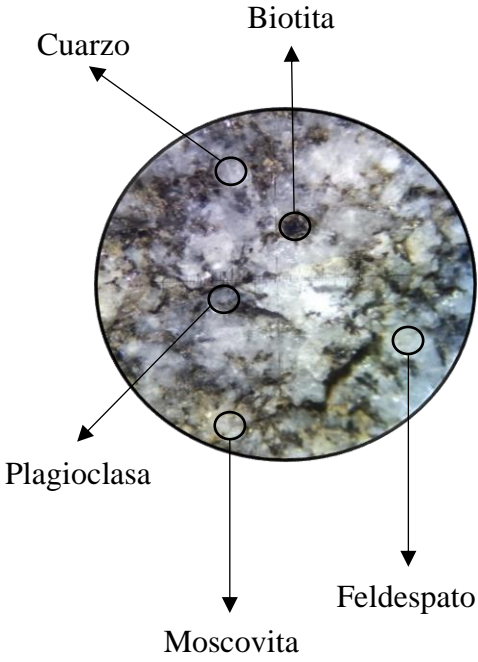
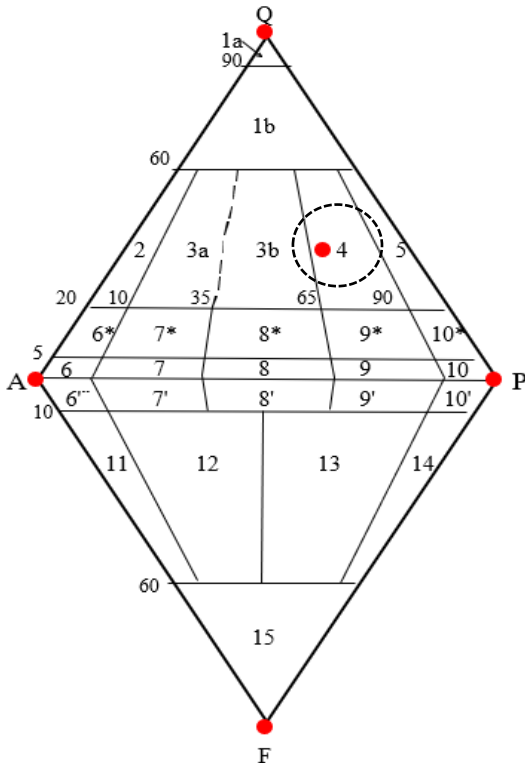
Fotografía 16. Muestra LGE_{SSA}-VR- 001-I.



En las coordenadas UTM WGS-84 697903 E; 9573422 N correspondiente al afloramiento AF-007, se identificó el primer afloramiento de granodiorita de tamaño de grano mineral medio apreciable a simple vista con textura fanerítica equigranular, de apariencia moteada debido a la coloración de los diferentes minerales que contiene, los cuales le aportan una coloración blanca grisácea con tonalidades de oscuras a negras. Mineralógicamente se reconoció que está conformada por distintos minerales entre los cuales como minerales principales o formadores de la roca se encuentran plagioclasa (38%), cuarzo reconocido por ser un mineral gris de brillo vítreo (32%) y feldespato potásico singularmente mineral blanco (16%) en un porcentaje subordinado a la plagioclasa, siendo estos los constituyentes básicos de una roca ígnea plutónica, mientras que en menor proporción se ha diferenciado minerales micáceos como biotita (mineral marrón) siendo el principal mineral máfico y moscovita secundariamente. La roca se muestra sólida y dura, lo que permite deducir que sus granos minerales se encuentran estrechamente entrelazados atribuyéndole durabilidad a la roca.

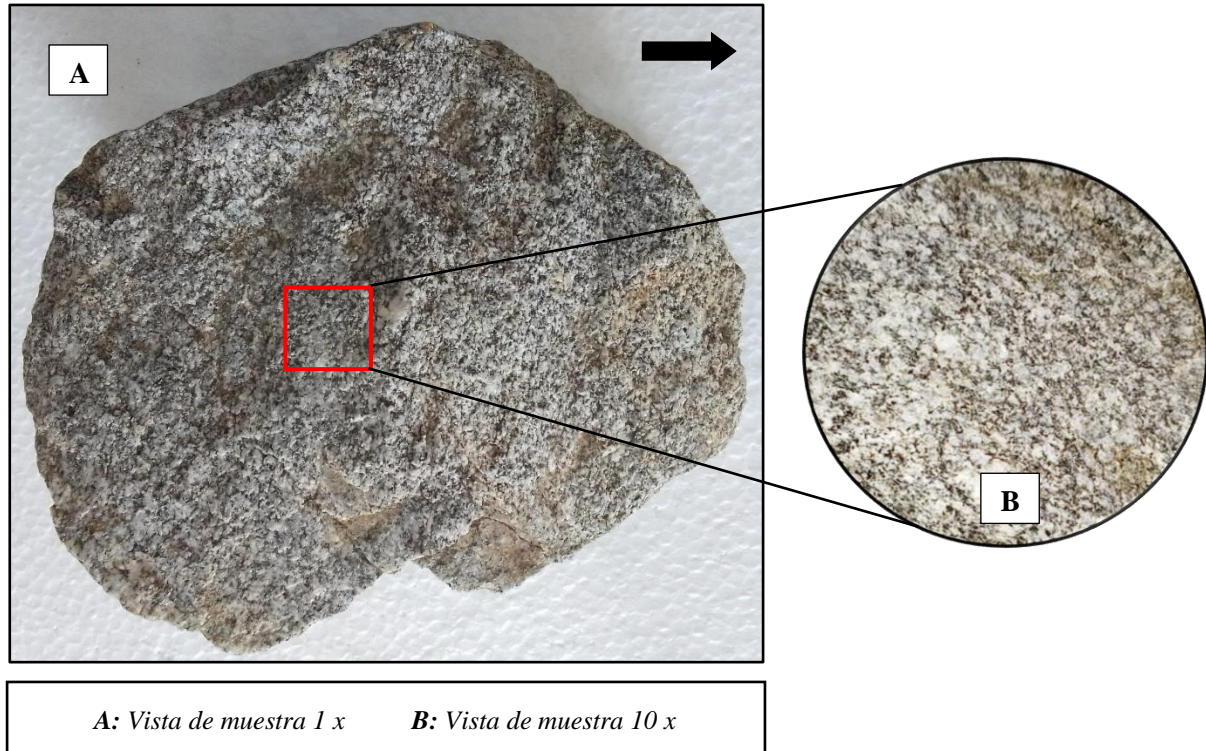
A continuación, en la tabla 18 se describe y detalla porcentualmente los minerales contenidos en esta muestra de roca granodiorita, así como se evidencia mediante fotomicrografía la presencia y coloración de los principales minerales formadores de esta roca.

Tabla 18. Análisis petrográfico de granodiorita LGE_{SSA}-VR-001-I

FOTOMICROGRAFÍA		DIAGRAMA DE STRECKEISEN	
			
ANÁLISIS MODAL (%)	Q (Cuarzo)	32	
	A (Feldespato potásico)	16	
	P (Plagioclasa)	38	
MINERALES SECUNDARIOS	Biotita		
	Moscovita		
CAMPO	4		
NOMBRE	Granodiorita		

7.2.1.2. Muestra LGE_{SSA}-VR- 002-I

Fotografía 17. Muestra LGE_{SSA}-VR- 002-I.

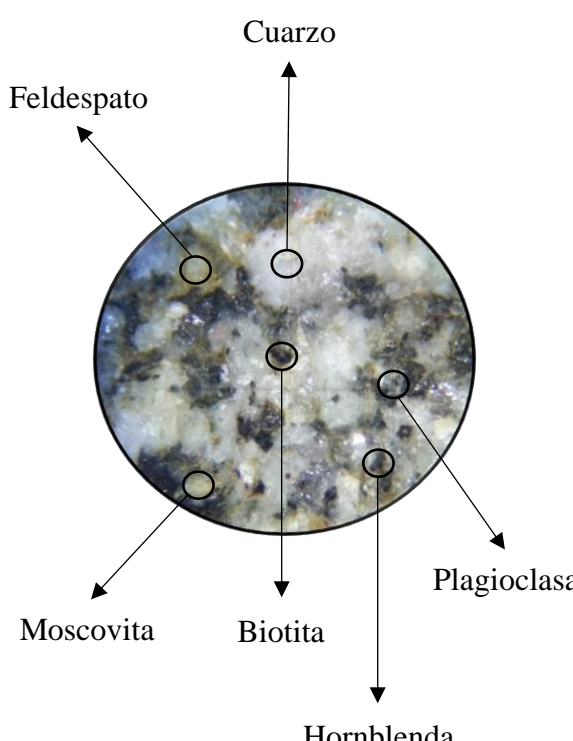
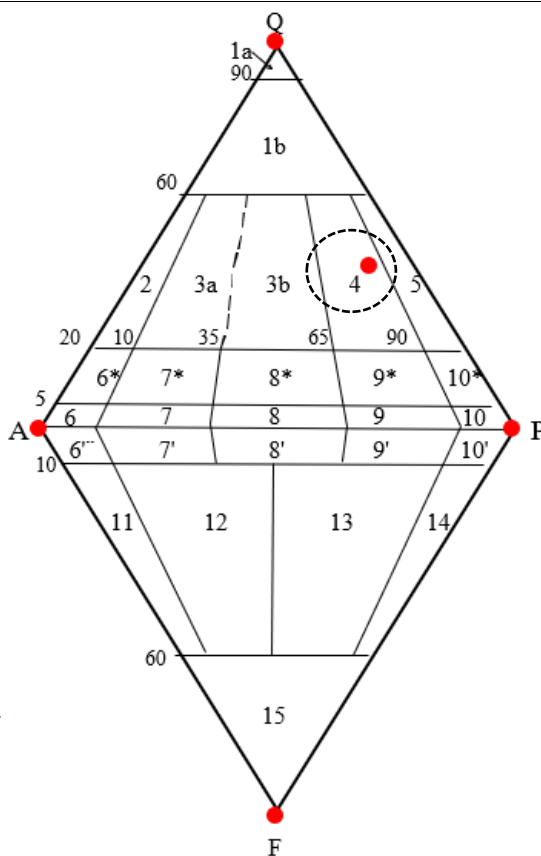


En el afloramiento AF-008 de coordenadas UTM WGS-84 697889 E; 9573385 N, se tomó la segunda muestra de interés macroscópico de roca ígnea plutónica correspondiente a una granodiorita según el diagrama de Streckeisen, su coloración es gris predominantemente lo que a diferencia de la muestra anterior que se presentaba de tonalidad más clara, en esta muestra se aduce que contiene una mayor y gran cantidad de plagioclasas, biotita y hornblenda identificándose esta última como cristales aciculares, es decir en forma de aguja, dichos minerales serían los responsables de proporcionar el aspecto bicolor y tonalidad más oscura y evidente, reflejando que los contenidos minerales de moscovita, feldespato y cuarzo que son minerales de color más claro son menores. La muestra expone una textura fanerítica con tamaño de grano mineral medio debido a su ambiente de formación del que se conoce que es a partir del magma enfriado lentamente en la corteza, lo que le permite que sea visible a simple vista.

Similares a estas características descritas, se observaron en el tercer afloramiento granodiorítico codificado AF- 009, de ubicación geográfica UTM WGS-84 697890 E; 9573395 N, en el que se pudo diferenciar el notable cambio de litología entre roca ígnea intrusiva granodiorita y esquistos biotíticos pertenecientes a la Unidad Agoyán.

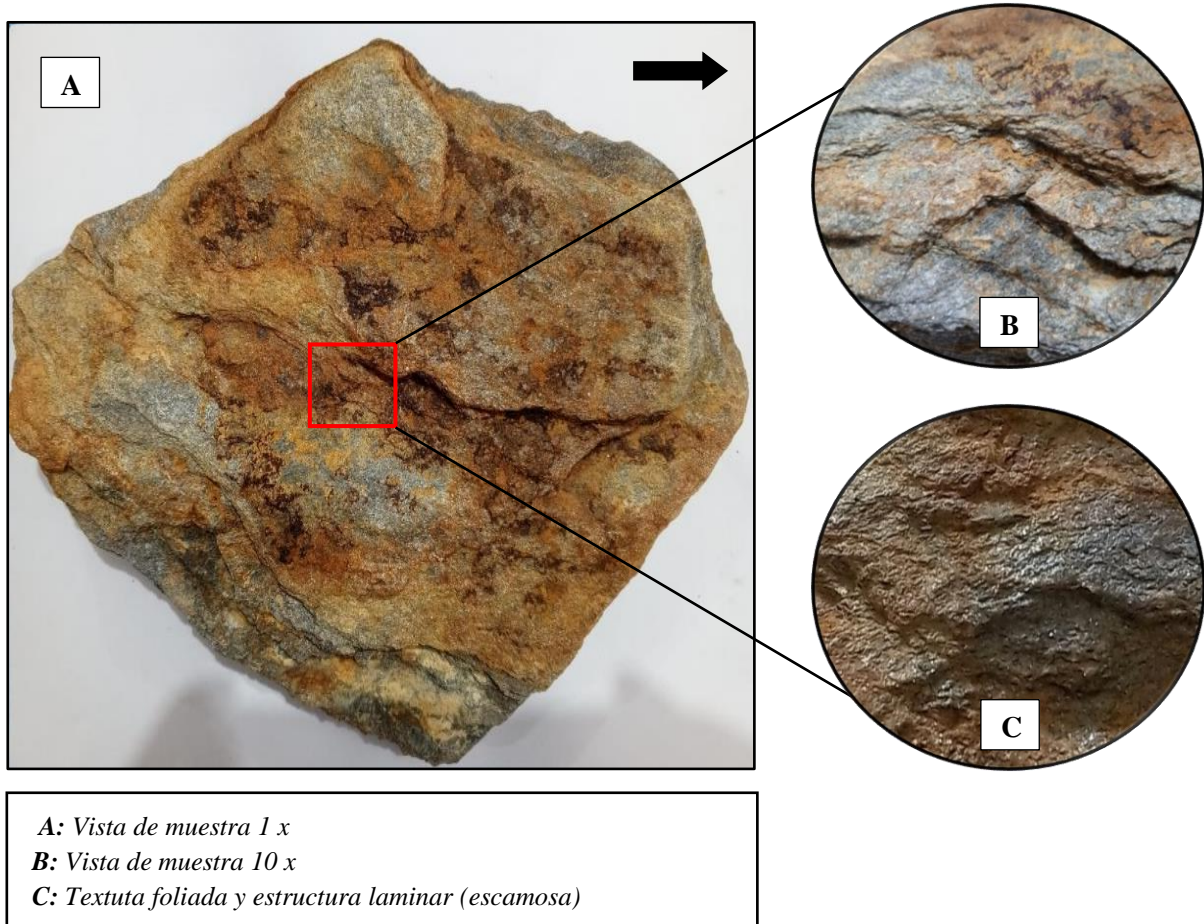
El contacto litológico en mención, si bien muestra fragmentos de granodiorita en su extensión, esta se encuentra en mínima proporción en relación al esquistos, sin embargo, es importante señalar que la granodiorita como tal roca ígnea intrusiva, se presenta denotando una intrusión geológicamente severa bajo el esquistos. Para conocimiento de las características de la roca ígnea que presenta el contacto, se consintió tomar los datos mineralógicos obtenidos en el análisis microscópico presentado en la tabla 15, que si bien responde a la muestra del afloramiento AF-008, se adoptó como válida también para el afloramiento AF-009, que, tanto en el afloramiento como en muestra de mano, registran similares particularidades petrográficas.

Tabla 19. Análisis petrográfico de granodiorita LGE_{SSA}-VR-002-I

FOTOMICROGRAFÍA	DIAGRAMA DE STRECKEISEN	
		
ANÁLISIS MODAL (%)	Q (Cuarzo)	36
	A (Feldespato potásico)	8
	P (Plagioclasa)	42
MINERALES SECUNDARIOS	Biotita Moscovita Hornblenda	
CAMPO	4	
NOMBRE	Granodiorita	

7.2.1.3. Muestra LGE_{SSA}-VR- 003-M

Fotografía 18. Muestra LGE_{SSA}-VR- 003-M.



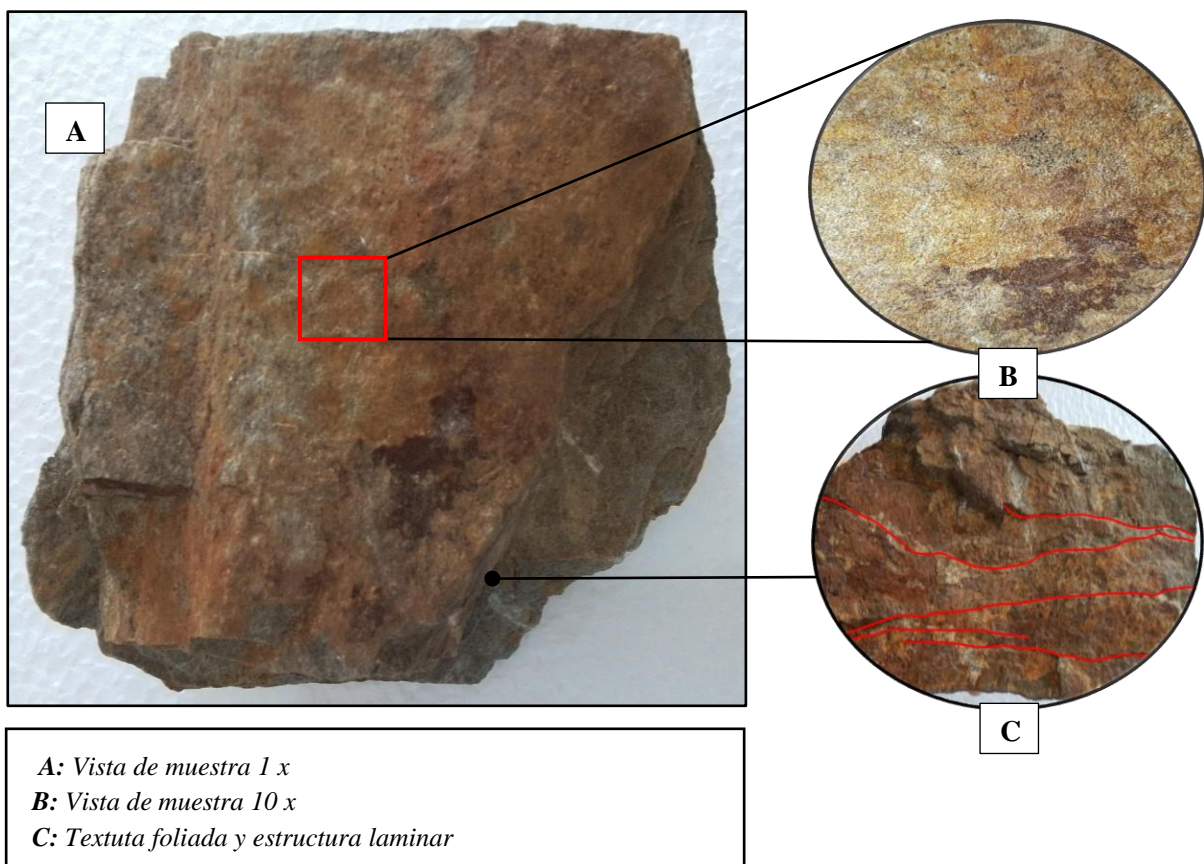
Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto

De acuerdo a la clasificación de rocas metamórficas propuesta por Tarbuck y Lutgens, la muestra LGE_{SSA}-VR- 003-M, corresponde a un esquisto, ya que como se observa en la fotografía 18 C, la roca presenta una textura foliada, en la que se diferencia un tamaño de grano de medio a grueso y adicional y notablemente perceptible, expone una foliación escamosa debido a la disposición predominante de los minerales micáceos planos que lo conforman.

En congruencia a lo descrito anteriormente, el afloramiento AF-016 de coordenadas UTM WGS-84 697364 E; 9572998 N, ofrece una muestra de esquistos, destacando que se la consideró de especial interés dada las características dominantes que presentaba como su coloración marrón nacarado, textura foliada, estructura laminar y tamaño de grano visible en forma de escamas o láminas delgadas muy evidentes, revelando los minerales constituyentes de esta. En el análisis microscópico, se pudo claramente distinguir que esta muestra está constituida principalmente por feldespato y minerales micáceos como moscovita, minerales que le proporcionan a la roca la textura laminada que posee, el brillo proveniente de las micas y aspecto brillante en la roca, minerales que, además, en conjunto permiten que la muestra rocosa se desprenda o desmenuce con facilidad por su foliación laminar escamosa.

7.2.1.4. Muestra LGE_{SSA}-VR- 004-M

Fotografía 19. Muestra LGE_{SSA}-VR- 004-M.



Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto

En coherencia a la clasificación de rocas metamórficas propuesta por Tarbuck y Lutgens, la muestra LGE_{SSA}-VR- 004-M obtenida en el afloramiento AF-022 de coordenadas UTM WGS-84 696218 E; 9572628 N, de coloración café verdosa, se identifica como esquisto, distinguiéndose en esta una textura foliada marcada y una evidente estructura laminar dado el crecimiento de minerales planares como la clorita y la biotita, los cuales a su vez otorgan al esquisto la coloración verde y el brillo micáceo característico de estos minerales respectivamente. Respecto a los minerales secundarios, estos se encuentran en menor proporción de los que se reconoció la biotita y el feldespato, mientras que, en uno de los bordes de la muestra, se expone pequeños minerales de cuarzo y epidota. También presenta intercalaciones de cuarcita lo que pone en evidencia la presencia de cristales de cuarzo íntimamente entrelazados. En relación a la textura foliada y estructura laminar que presenta, la roca se rompe y divide en capas paralelas a lo largo de los granos alineados que otorgan la laminación de la misma.

7.3.Resultados del tercer objetivo

“Elaborar el mapa geológico – estructural de la vía Solamar – Solamar Alto a escala 1:1000”.

7.3.1. Cartografía geológica

Una vez alcanzados los objetivos anteriores de donde procede la información requirente necesaria, se procedió a la elaboración del mapa geológico - estructural del área a escala 1:1000 empleando como base la información levantada en 25 afloramientos localizados, los cuales proporcionaron los datos litológicos y estructurales que describen la zona para su posterior procesamiento tomando en cuenta la topografía del área. En este contexto, el mapa geológico generado muestra las litologías componentes del área que va entre granodioritas y esquistos, siguiendo el criterio del estado de alteración de los esquistos.



En coherencia al resultado de la cartografía geológica, se determinó que en el área existe una amplia distribución de la Unidad Agoyán perteneciente al Paleozoico, abarcando esquistos biotíticos y que para efecto del presente estudio se los ha categorizado según su grado de alteración, encontrando minoritariamente esquistos de baja alteración, así también se reconoció afloramientos de esquistos de alteración media al inicio del área de trabajo en mayor proporción, en tanto que los esquistos de alteración alta se distribuyen ampliamente en la zona a lo largo de extremo a extremo de la vía Solamar – Solamar Alto en dirección NE - SW, lo que corrobora de acuerdo a los puntos levantados y a la observación realizada en campo que predominantemente la zona se encuentra constituida por material metamórfico alterado.

Adicionalmente a la litología, como corresponde coherentemente a la representación gráfica de un mapa geológico estructural, en este se plasmaron aquellas estructuras geológicas evidenciadas en campo como también las identificadas mediante análisis fotointerpretativo a partir de ortofotos ajustadas al polígono trabajado.

Complementariamente a la generación del mapa geológico estructural, se elaboró dos cortes geológicos, los cuales, como tal, obedecen a ser una representación gráfica de las características litológicas y geológicas de un área puntual. En este sentido, a partir del mapa geológico - estructural a escala 1:1 000 del área levantada, se realizó los cortes geológicos A – A' con dirección NW - SE y un segundo corte B – B' con dirección SW - NE de manera que conjuntamente, ambos abarquen las formaciones existentes en el área, con la finalidad de alcanzar una adecuada perspectiva de la disposición de las unidades litológicas en profundidad y su proyección sobre el perfil topográfico. Cabe señalar que la elaboración del corte geológico partió de fundamentos teóricos del libro “*Mapas Geológicos (Explicación e Interpretación)*”, Martínez (1981).

En este sentido, el perfil geológico A – A' comprende en su máxima extensión esquistos pertenecientes a la Unidad Agoyán de edad inferida paleozoica según Litherland y otros (1994), de NW a SE abarca esquistos de alteración baja atravesando su línea de corte por esquistos de alteración media y continúa hacia el SE con esquistos de alteración alta. En tanto, el corte B – B' incluye ampliamente en mayor extensión de SW a NE esquistos de alteración alta, rocas intrusivas identificándose roca granodiorita de edad variante entre 66 y 51 Ma de acuerdo a lo señalado por Litherland y otros (1994) y, finalmente, en menor proporción se evidencia esquistos de alteración media. (*Ver anexo 12*).



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

7. Discusión de resultados

El presente trabajo de titulación se desarrolló en el cantón Loja, parroquia El Valle, en la extensión de la vía Solamar – Solamar Alto en una superficie de trabajo comprendida en 153,72 Ha la cual se encuentra determinada mayoritariamente por pendientes de clase muy inclinada con el 61,10% del área total y en la que destacan geomorfológicamente las unidades de relieve montañoso con el 51,12% equivalente al 78,58 Ha y relieve colinado muy alto con el 44,08% correspondiente al 67,77 Ha del territorio total, siendo estas las geoformas con mayor alcance de extensión dentro del polígono trabajado.

El estudio realizado se desarrolló con el objetivo principal de efectuar un levantamiento geológico - estructural a escala 1: 1 000, ya que se conoce que en la zona norte del cantón Loja, es escasa la información levantada de trabajos afines y podría deducirse que es nula la información geológica del área en cuestión, aduciendo esto de acuerdo a lo indicado en el PDOT, (2019-2023).

Sin embargo, de acuerdo a estudios previos realizados por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) en el año 2017, para la actualización de la hoja geológica de Loja, se conoce que el área de estudio se caracteriza por la presencia de las unidades Agoyán de edad Paleozoica con el 96,16% conformada específicamente por esquistos biotíticos y rocas intrusivas plutónicas como granodioritas con el 3,84%, destacando que, esta última litología según la carta geológica, el Batolito de San Lucas constituido por granodiorita y hacia el sureste por granito, sería el cuerpo de mayor extensión de dicha unidad, siendo así que este tipo de rocas expone los mejores afloramientos a lo largo de la vía Loja – Cuenca, entre los poblados San Lucas y Santiago. Esta información se corrobora ya que, de acuerdo al trabajo de campo realizado, únicamente se avistaron tres afloramientos de esta roca ígnea donde, precisamente en la bifurcación de la vía a Solamar y vía antigua a Cuenca, se observó el primer afloramiento granodiorítico, por lo que preliminarmente se estimó la probabilidad de que este tipo de roca intrusiva, continúe extendiéndose en los afloramientos de la vía a Cuenca, de modo, que esta apreciación toma mayor relevancia al considerar lo manifestado por Sarango A., (2024), quien afirma que la vía antigua a Cuenca, según su estudio realizado, forma parte del Batolito de San Lucas y está netamente constituido por rocas intrusivas entre ellas, granito, granodiorita y en menor proporción diorita.



Por tanto, en base a la información levantada y recogida en fase de campo, a partir de la descripción de afloramientos mediante la metodología de mapeo por afloramientos y de la caracterización petrográfica macroscópica, más los estudios previos analizados, se convalida que geológicamente el área de estudio se encuentra asentada sobre rocas metamórficas, correspondiente de la Unidad Agoyán de edad Paleozoica y minoritariamente con presencia de rocas ígneas de tipo intrusivas como la granodiorita. En este sentido, siendo la Unidad Agoyán la unidad litológica de mayor extensión geológica dentro del área estudiada, se consideró diferenciarla a partir del criterio de alteración de la roca metamórfica, resultando esquistos de baja, media y alta alteración.

Territorialmente, el área comprendida por 96,16% de esquistos de la Unidad Agoyán, responde diferenciadamente a 16,00 Ha de esquistos de alteración baja equivalente a 10,41% en tanto que los esquistos de alteración media comprenden superficialmente 20,86 Ha correspondiendo a 13,57% del total y predominantemente extendiéndose a lo largo del polígono desde NE al SW se identificó esquistos de alteración alta cubriendo 110,96 Ha equivalente a 72,18%.

En lo que respecta a la geología estructural, el polígono de estudio como tal, no presenta fallas observadas y corroboradas en campo, sin embargo, mediante interpretación fotogeológica se pudo reconocer tres fallas inferidas y una estructura periclinal. En cuanto a la observación directa en campo, en el área se identificó la presencia de un micropliegue de orden sinclinal, en el que su plegamiento está dominado por rocas metamórficas altamente alteradas, correspondientes a la Unidad Agoyán. Así mismo, se evidenció un contacto litológico entre la Unidad Agoyán y rocas intrusivas, donde se observó el cambio de litologías de esquistos y granodioritas incrustadas en el afloramiento.

Finalmente, para mayor relevancia de la interpretación geológica estructural, considerando que la sucesión estratigráfica se representa de mejor maneja a través de los perfiles geológicos se realizó dos cortes A – A' y B – B' con dirección NW - SE y SW – NE respectivamente, en los que se observa la disposición en profundidad de las dos unidades litológicas, Por lo tanto, esta información geológica – estructural consolidada permitió representar el mapa geológico–estructural a una escala 1:1 000 de la vía Solamar – Solamar Alto de la parroquia El Valle.



8. Conclusiones

En coherencia a los objetivos planteados se ha establecido las siguientes conclusiones:

- El tramo de la vía objeto de estudio, conformada por una superficie de 153,72 Ha se encuentra geológicamente caracterizada predominantemente por material metamórfico de la Unidad Agoyán comprendiendo 96,16% del área total correspondiente a 147,82 Ha de terreno estudiado, siendo los esquistos de alteración alta la litología influyente, mientras que minoritariamente contiene rocas ígneas intrusivas particularmente granodioritas con tan solo 3,84% equivalente a 5,90 Ha del área territorial total.
- La litología metamórfica encontrada en el área, se caracteriza por poseer esquistos aflorantes que van desde una consistencia dura, resistente y compacta hasta alterada, suave y deleznable como se evidenció en algunos de ellos la fácil separación o laminación en capas, respondiendo de este modo a la valoración asignada al diferenciar en la zona el material metamórfico por su grado de alteración.
- Contrariamente a lo evidenciado con el material metamórfico, las granodioritas que comprende el área, muestran una alta resistencia mecánica, revelando ser una roca sólida y dura, asumiendo que esto se deba al producto de la integración de sus granos minerales los que se podrían encontrar estrechamente entrelazados.
- En relación a la caracterización petrográfica macroscópica realizada, se determinó que mineralógicamente los esquistos del área se encuentran compuestos por feldespato, moscovita, biotita, clorita y cuarzo principalmente. En tanto, que las granodioritas la constituyen minerales repetidos como cuarzo, feldespato, moscovita y biotita, añadiendo en esta litología la presencia de plagioclasa y hornblenda.
- Referente a la geología estructural, mediante análisis fotointerpretativo de alineaciones topográficas se distinguió tres fallas inferidas y una estructura periclinal, mientras que en campo se reconoció un micropliegue de orden sinclinal de acuerdo a la disposición de sus flancos, caracterizado por su plegamiento de material metamórfico altamente alterado. Además, se identificó la existencia de un contacto litológico entre la Unidad Agoyán y rocas intrusivas, en el que se evidencia la incrustación de granodiorita entre esquistos notándose evidentemente el cambio de litologías.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

- Basado en la información levantada en campo como el levantamiento de todos los afloramientos junto a la de fotointerpretación y a la descripción macroscópica de las muestras petrográficas representativas de los afloramientos, se concluye en la elaboración del mapa geológico estructural a escala 1:1 000 de la vía Solamar – Solamar Alto en el cual se plasmó la litología y estructuras secundarias que se pudieron evidenciar y mapear de modo que se redefinieron así las unidades litológicas existentes, describiendo a mayor detalle la litología que las compone e identificando nuevas estructuras. Así mismo se elaboró dos cortes geológicos en diferentes sentidos con la finalidad de abarcar todas litologías presentes permitiendo tener una visualización más clara de la disposición litológica del área.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

9. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos se estima recomendar:

- Emplear información cartográfica lo más actualizada posible, con la finalidad de presentar datos próximos a la realidad de la zona y evitar conjeturas erróneas que distorsionen la situación actual.
- Realizar estudios geofísicos complementarios contemplando ensayos puntuales que permitan delimitar y determinar la profundidad de las unidades litológicas de la Unidad Agoyán y rocas intrusivas, así como también sus posibles deformaciones y anomalías.
- Para un mayor conocimiento y detalle de la información geológica se considera complementar el estudio con ensayos geotécnicos de modo que se permita conocer las propiedades geomecánicas del material litológico existente en el área de estudio.
- Ante el conocimiento de la escueta o carente información geológica existente de la zona objeto de estudio, se recomienda actualizar la información geológica – estructural de la zona norte del cantón, con fines de evaluación y zonificación de las amenazas por deslizamientos, convirtiéndola en una herramienta fundamental para la ordenación y planificación del territorio, prevención de la configuración de nuevas condiciones de riesgo y mitigación efectiva de las condiciones del riesgo actual.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

10. Bibliografía

- Arellano Gil, J., De la Llata Romero, R., Carreón, M. A., Villareal Morán, J. C., & Morales Barrera, W. V. (2002). *Ejercicios de Geología Estructural*. UNAM, México D.F. Facultad de Ingeniería.
- Belousov, V. (1979). *Geología Estructural*. Moscu: Mir. Recuperado el 26 de noviembre de 2020.
- Camargo, J. (2004). *Manual de Geología Estructural*. Guía para la interpretación y elaboración de mapas geológicos. Bogotá, D.C. Editorial Universidad Surcolombiana.
- Casanova Matera, L. (2002). *Topografía Plana*.
- Castaño, S., *Concepto y desarrollo histórico de la geología*.
- Castro, A. (1989). *Petrografía básica*. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Paraninfo S.A.
- Cepeda, L. (1985). *Apuntes de petrología ígnea*. Facultad de ingeniería de la UNAM. México. D.F.
- Delgado, J. & Godoy, R. (2009). *Elaboración del mapa de litología*. Elaboración de cartografía física elemental. OCW Universidad de Málaga. España.
- Echeveste, H. (2017). *Manual de levantamiento geológico*. Una introducción a la geología de campo. Buenos Aires. EDULP.
- Equipo editorial, Etecé, (2023). *Geología*. Argentina. Obtenido de <https://concepto.de/geologia/>.
- Franco, M. & Gonzalo, J. *Taller de petrología: enseñanza de la petrología con el microscopio petrográfico*. Departamento de geología. Universidad de Salamanca.



- García, A., Rosique, M., & Segado, F. (1994). *Topografía básica para ingenieros*. Cuarta Edición. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.
- García, M. (2012). *Biología y Geología*. Geología estructural. Esfuerzos y deformaciones de las rocas. Deformación dúctil: los pliegues y sus tipos. Mecanismos de plegamiento. Deformaciones frágiles: diaclasas y fallas. Características y tipos. Asociaciones de pliegues y fallas. Editorial: Cenoposiciones.
https://www.researchgate.net/publication/263925700_Geologia_estructural_Esfuerzos_y_deformaciones_de_las_rocas_Deformacion_ductil_los_pliegues_y_sus_tipos_Mecanismos_de_plegamiento_Deformaciones_fragiles_diaclasas_y_fallas_Caracteristicas_y_tipos_Asoc
- Guerra, F. (2003). *Las doce principales reglas de la interpretación fotogeológica y las bases fundamentales de que se derivan*. Investigaciones geográficas. Ciudad de México. México.
- IIGE, (2017). *Hoja geológica de Loja*.
- IIGE, (2019). *Estándares de nomenclatura estratigráfica, simbolización y abreviaturas para la cartografía geológica*.
- INIGEMM & Viteri, (2013). *Instructivo para el manejo de fichas de descripción macroscópica de muestras de rocas*. Manual y herramientas (Fichas e instructivos) para la normalización de descripción de muestras petrográficas macroscópica y microscópica de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias.
- Instituto Geofísico Militar, (2013). *Cartas topográficas escala 1:50.000*. Obtenido del Geoportal IGM.
- López, M. (1971). *Manual de fotogeología*. Servicio de publicaciones de la J.E.N. Madrid, España.
- Martínez, J. (1981). *Mapas geológicos*. Explicación e interpretación. 2da edición. Madrid, España. Paraninfo. S.A.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Ministerio del Ambiente (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas*.

Moreno, H., & Ibáñez, S. *Diagrama QAFP*. Rocas ígneas.

Municipio de Loja, (2021). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Loja, actualización 2019 - 2023*.

Ovejero, A. (2015). *Mineralogía I*. Cristalografía y óptica mineral. Editorial científica universitaria. Catamarca, Argentina.

Sposob, G. (2016 - 2024). *Geología*. Enciclopedia humanidades. Argentina. Obtenido de <https://humanidades.com/geologia/>.

Tarbuks, E. & Lutgens F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Una introducción a la geología física. Madrid, España. Pearson Educación S.A., 8th ed.

Torres, R., García, A., & Molina, J. (2004). *Petrología metamórfica*. Asistente de prácticas. Versión 2004^a. Universidad de Granada.

Universidad Nacional de San Luis. Departamento de geología. (2011). *Fotointerpretación*. Elementos de Geología. Principios de geociencias – geología. Apuntes para trabajos prácticos. Obtenido de http://www0.unsl.edu.ar/~geo/materias/Elementos_de_Geologia/documentos/documentos.html

11. Anexos

Anexo I. Análisis geológico por fotointerpretación.

La fotointerpretación geológica del área de estudio se realizó a partir de ortofotos tomando como referencia los fundamentos teóricos del Manual de fotogeología de López Vergara (1988), considerando los criterios de tono, textura, vegetación, red de drenaje y control estructural.

Análisis geológico

Tono, texturas y vegetación

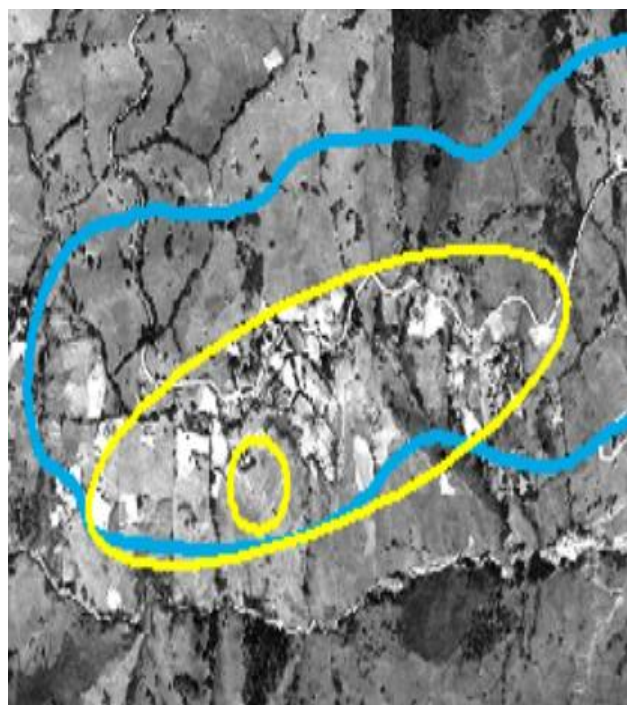
Para efecto de este análisis se distinguió tonalidades oscuras a grises con el fin de determinar la presencia de las rocas, sin embargo, la tonalidad por si sola, no puede ser indicativa de la roca, por lo que también se complementó el análisis con la textura y la vegetación, las cuales al analizarse junto con la tonalidad ayudan a indicar e identificar las posibles rocas presentes.

En el área trabajada, se presentan tres tonalidades que van de color oscuro, medio y claro, mismas que serán usadas para la descripción de las zonas, como se presenta a continuación:

FOTOINTERPRETACIÓN DE LITOLOGÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Zona 1:

En esta zona no se pudo interpretar mayor evidencia que la fotogeología pudiera ayudar ya que la acción antrópica y las construcciones, lograron enmascarar los rasgos para el análisis, sin embargo, en la zona, como se observa en la imagen encerrada en círculo, litológicamente se pudo reconocer roca interpretada como metamórfica, dado que se distingue una textura bandeada relacionada con la esquistosidad característica de este tipo de roca. En cuanto a la vegetación, la zona presenta una tonalidad gris clara, por lo que se considera que la misma está desprovista de vegetación, lo cual facilita la erosión y meteorización de la roca presente.

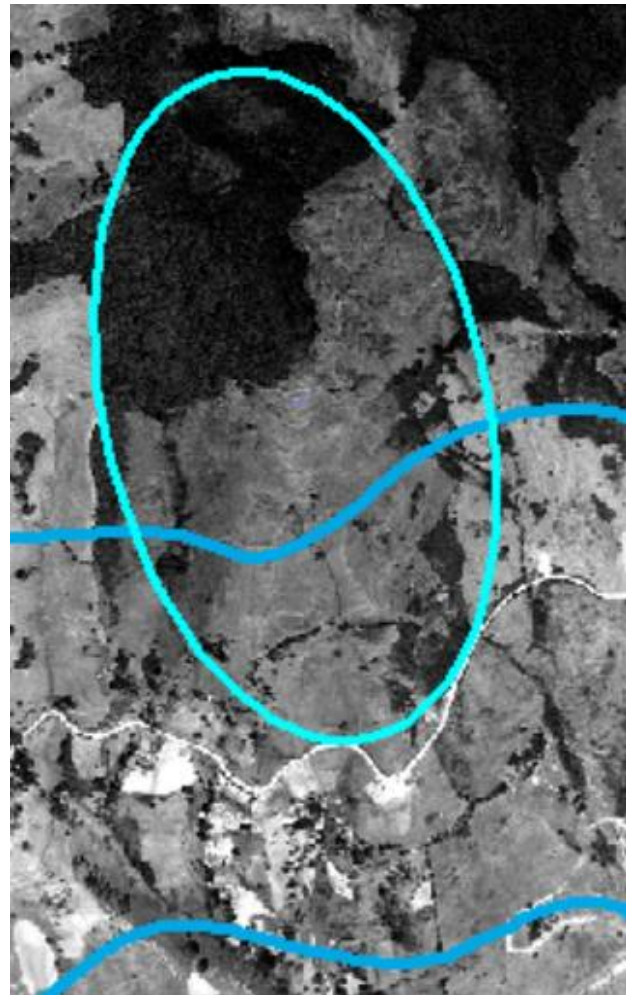


Zona 2:

En esta zona la acción antrópica no es predominante, a pesar de que esta parcelada, la tonalidad gris media y la textura suave en el relieve, puede sugerir que corresponde litológicamente a ser una roca metamórfica de bajo grado que aún posee rasgo de la roca protolito que pudiera ser sedimentaria, sin embargo en la zona delimitada con un círculo, se puede observar un bandeamiento que determina la presencia de roca metamórfica, ya que este bandeamiento está modelado por la erosión diferencial circundante a ella a más de estar desprovista de vegetación.

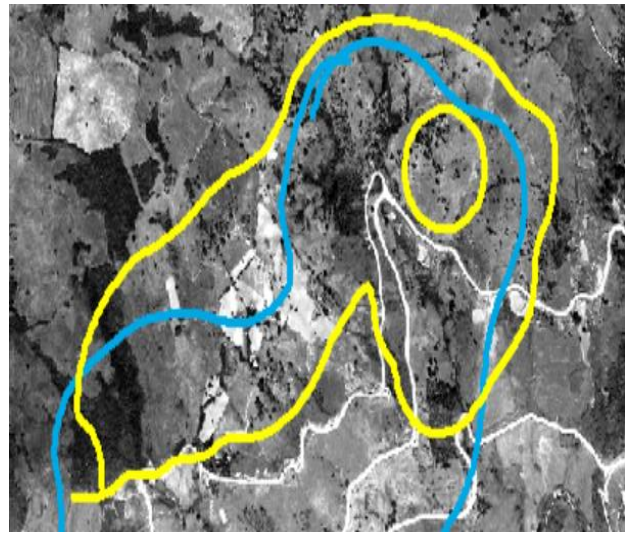
**Zona 3:**

Esta zona tiene una característica muy particular y distintiva, ya que la tonalidad es oscura y además tiene vegetación asociada hacia el norte de la demarcación, en cuanto a la textura de la roca esta es más bandeada, rugosa e irregular por lo que se estima que es un tipo de roca metamórfica con mayor distinción de rasgos litológicos que las rocas de zonas anteriores. Además, la presencia de vegetación y la tonalidad gris más oscura que la que presenta esta misma roca en partes secas, sugieren que se trata de una zona húmeda e incluso con contenido de agua, por tanto, al igual que la vegetación, la humedad del terreno influye considerablemente en la intensidad de grises. Estas características no son tan comunes en la zona de estudio, por lo que se permite deducir que esto sea producto de la posible presencia de fallas.

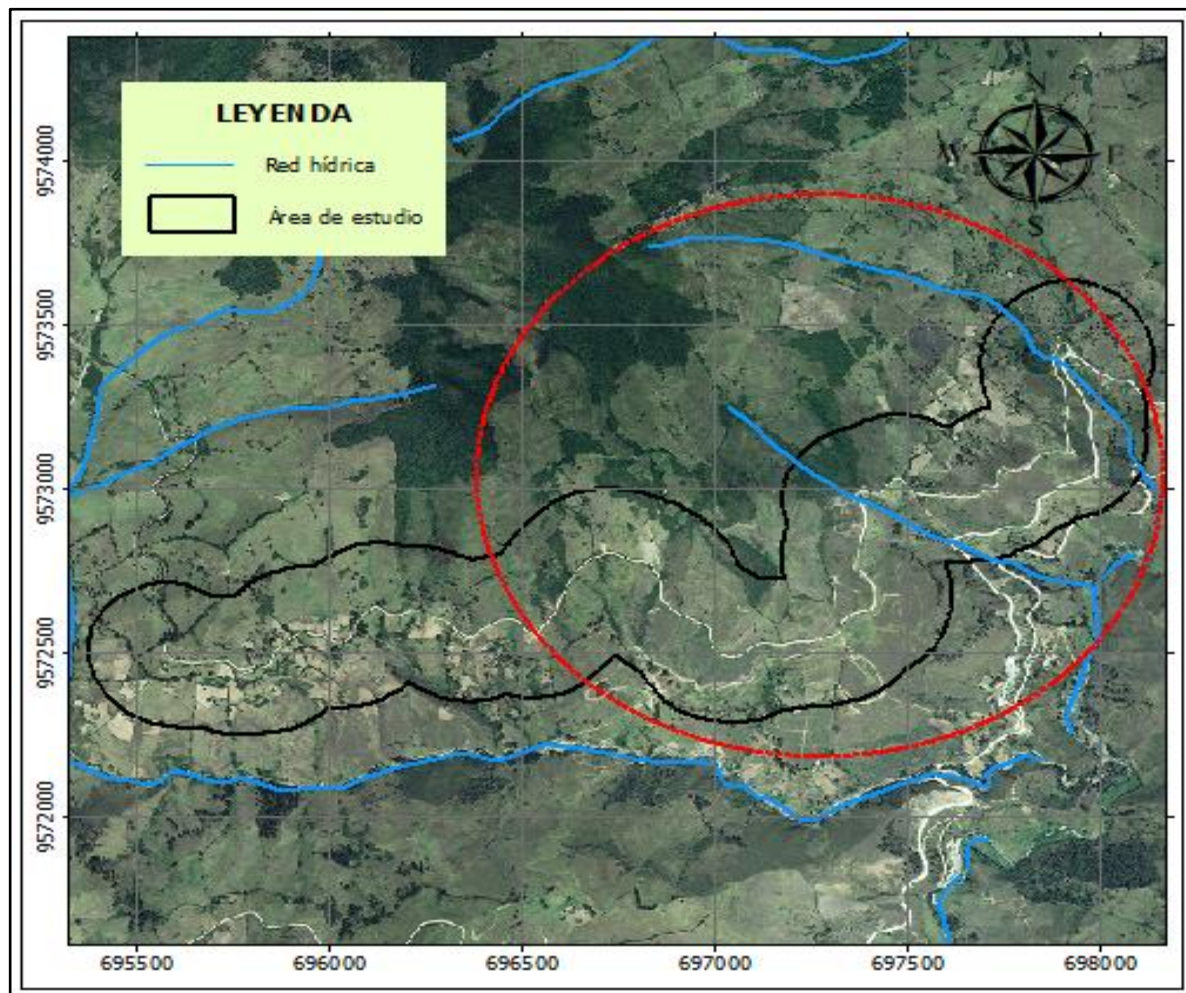


Zona 4:

Esta zona tiene similares características descritas en la zona 3 y tonalidad oscura lo que se sugiere lo antes indicado, con la diferencia, que en esta zona la acción antrópica está mucho más marcada, pero además esta zona está afectada por la geología estructural, específicamente por fallas. El área delimitada con un círculo presenta bandeamiento característico de rocas metamórficas.



FOTOINTERPRETACIÓN DE RED DE DRENAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO



En general los drenajes son todos subparalelos y se interceptan al sur con el curso del río. De acuerdo con la terminología usada por López Vergara, se puede tener los siguientes tipos de drenajes:

1. Drenajes subsecuentes que están controlados por estructuras tectónicas como fallas, ejemplo de este drenaje es el control marcado de la falla 3 descrita más adelante.
2. Los drenajes localizados en el área de estudio, siguen las pendientes topográficas, son drenajes naturales que buscan desembocar las aguas, que generalmente son de lluvia, hacia las cotas bajas, que es este caso es la localizada en el río que atraviesa axialmente el área de estudio.

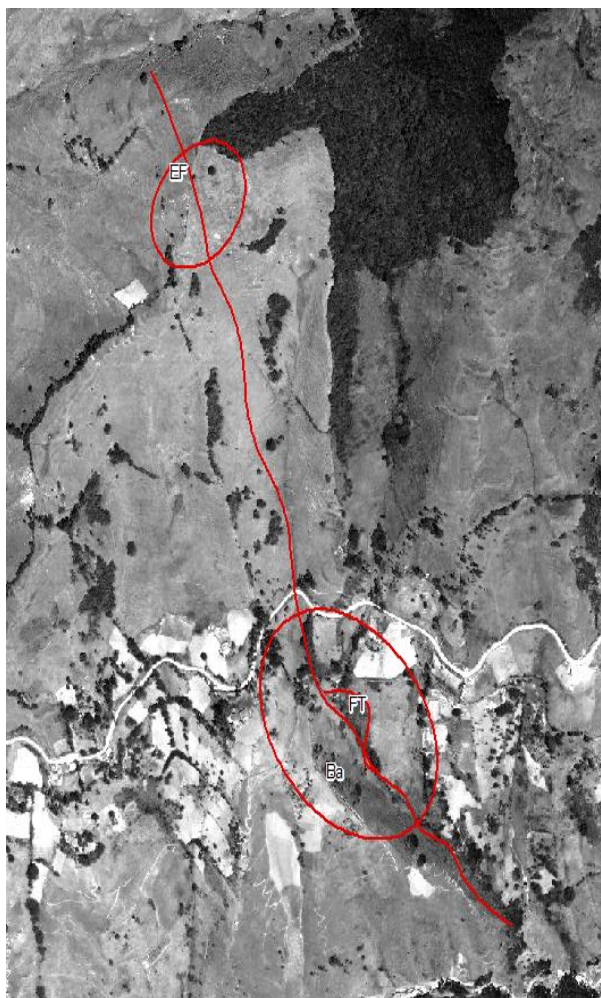
Análisis estructural

FOTOINTERPRETACIÓN DE ESTRUCTURAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Falla 1:

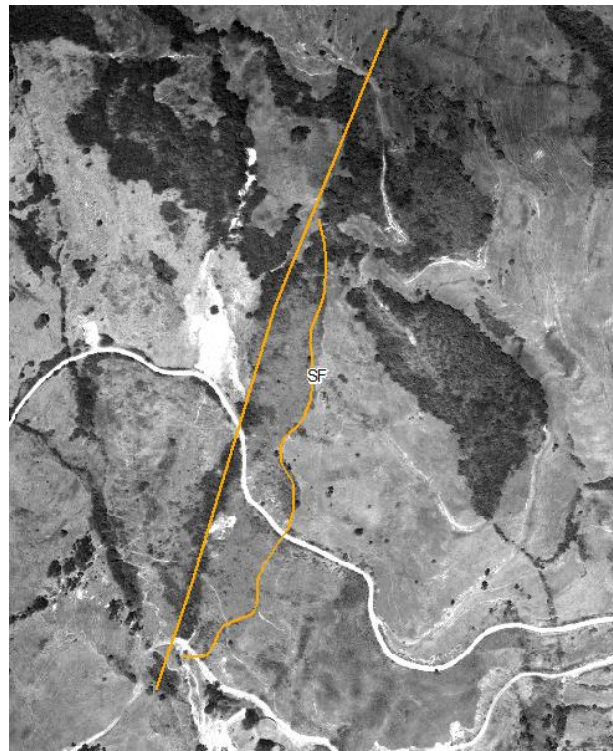
Corresponde a una *falla inferida*, basada en la interpretación de la alineación topográfica del terreno en dirección NW-SE. También en la traza hacia el Norte en la zona encerrada con una elipse, se encuentra una ensilladura de falla (EF) que tiene forma topográfica en forma de U basado en la diferencia de altura en la zona marcada. Hacia el Sur de la traza de la falla interpretada, delimitada con una elipse, se tiene varias evidencias de la existencia de esta falla, ya que se tienen facetas triangulares (FT) que ayudan a determinar la cinemática, además se tiene exposición de la superficie de una pequeña falla subparalela a la traza principal.

Esta falla funge de control estructural con la diferencia, que la acción antrópica está mucho más marcada. El área delimitada con un círculo presenta bandeamiento (Ba) EF característico de rocas metamórficas.



Falla 2:

Corresponde a una *falla inferida*, su interpretación está basada en dos evidencias, la alineación bastante rectilínea del terreno desde la topografía en sentido SW-NE, donde se nota a ambos lados de la traza de la falla alturas distintas, que marcan la segunda evidencia, la exposición de la superficie de falla (SF) con dirección de buzamiento hacia el oeste de la imagen estudiada y con rumbo norte.

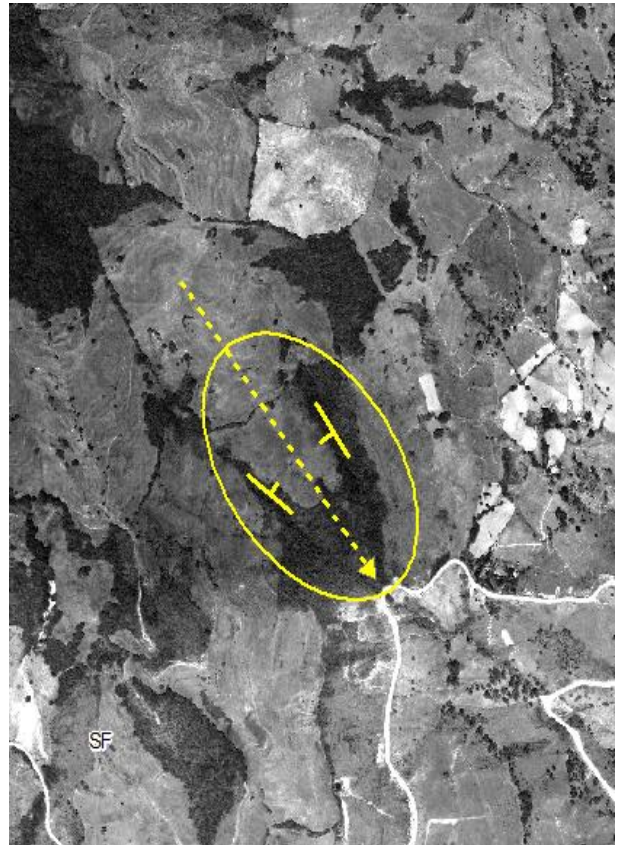
**Falla 3:**

Corresponde a una *falla inferida*, su interpretación está basada por el control estructural, de modo que se interpreta por la alineación de la topografía en el terreno en sentido SE-NW, adicional a ello presenta la exposición de superficies o escarpe de falla con facetas triangulares (FT) características de fallas geológicas.



Pliegue periclinal:

Las estructuras periclinales son anticlinales o sinclinales, en donde el rumbo de los flancos converge en un punto y las direcciones de buzamiento son radiales a medida que se acercan en ese punto. La estructura interpretada se hace en base a la forma topográfica correspondiente a una depresión del terreno, en la interpretación que se realiza en la imagen se puede apreciar que los flancos divergen y que gracias a la vegetación que delimita la estructura periclinal, se puede interpretar que los flancos buzanan hacia el Noreste y Suroeste, formando una estructura cóncava, diferente del resto de la topografía. Por lo que se estima que se trata de un pliegue sinclinal con terminaciones periclinales.





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Anexo 2. Fichas de descripción de afloramientos.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	001	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-007	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697903
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9573422
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2113

DESCRIPCIÓN

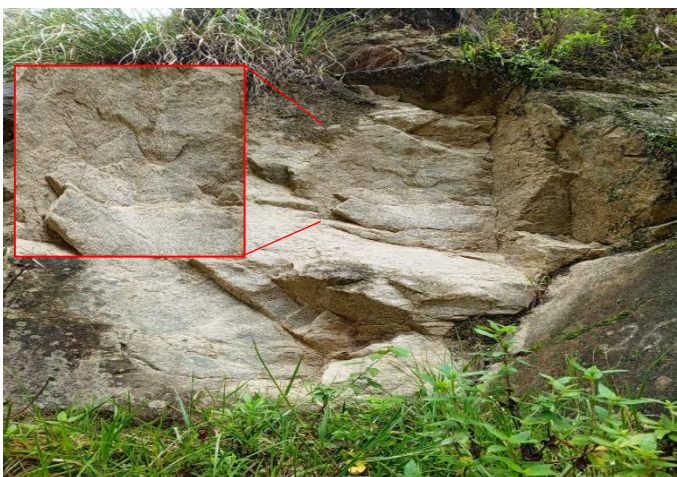
CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	-
ALTURA (m)	3,80	BUZAMIENTO	-
ANCHO (m)	4,50	DIR. BUZAMIENTO	-

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Rocas intrusivas	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Ígneo
LITOLOGÍA	Granodiorita	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Bajo	PRESENCIA DE HUMEDAD	No

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



El afloramiento se caracteriza por la presencia de granodiorita expuesta de forma masiva y compacta. No evidencia grado de alteración relevante y se encuentra al inicio de la vía, a su margen derecho.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	002	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-008	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-METODOL 84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697889
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9573385
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2105

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	-
ALTURA (m)	8,70	BUZAMIENTO	-
ANCHO (m)	4,50	DIR. BUZAMIENTO	-

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Rocas intrusivas	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Ígneo
LITOLOGÍA	Granodiorita	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Alto	PRESENCIA DE HUMEDAD	Sí

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



El afloramiento expone bloques de granodiorita insertados de forma intrusiva sobre el mismo, posee un alto grado de alteración y oxidación, se encuentra cubierto con finas capas de algas y líquenes debido a la humedad que mantiene por las filtraciones que recibe de la vegetación encontrada en la parte superior.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	003	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-011	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697931
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9573135
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2121

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	65
ALTURA (m)	7,20	BUZAMIENTO	33
ANCHO (m)	5,60	DIR. BUZAMIENTO	SE

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Alto	PRESENCIA DE HUMEDAD	No

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Se caracteriza por la presencia de esquistos de coloración intercalada entre claros y negros. Este afloramiento se encuentra altamente alterado lo que permite su fácil desprendimiento en capas laminares.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	004	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-016	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697364
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572998
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2199

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	-
ALTURA (m)	8,40	BUZAMIENTO	-
ANCHO (m)	12,50	DIR. BUZAMIENTO	-

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Bajo	PRESENCIA DE HUMEDAD	No

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Caracterizado por la evidente presencia de esquistos de estructura laminar irregular, con un grado de alteración relativamente bajo y, por tanto, de importante coherencia y compactación en el afloramiento.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	005	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-018	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697391
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572922
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2187

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	13
ALTURA (m)	7,50	BUZAMIENTO	40
ANCHO (m)	6,30	DIR. BUZAMIENTO	NW

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto laminar	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Alto	PRESENCIA DE HUMEDAD	Sí

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Este afloramiento se caracteriza por la exposición de esquistos en su máximo esplendor. A la vez que, dada la preponderancia de las capas laminares que exhibe, los granos minerales (mica) que los constituyen son ampliamente reconocibles a simple vista por el brillo satinado que le proporcionan.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	006	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-020	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	696507
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572555
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2297

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	41
ALTURA (m)	4,20	BUZAMIENTO	37
ANCHO (m)	6,50	DIR. BUZAMIENTO	SE

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Medio	PRESENCIA DE HUMEDAD	Sí

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Este afloramiento se caracteriza por el arreglo foliado y planar de sus capas homogéneamente distribuidas. A más de ello, es evidente su compactación y baja porosidad, lo que denota una cierta resistencia a la edafización, sin embargo, la presencia de agua ha ocasionado que se distinga en el mismo, oxidación y capas de líquenes delgadas.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	007	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-022	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697391
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572922
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2187

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	-
ALTURA (m)	8,00	BUZAMIENTO	-
ANCHO (m)	10,50	DIR. BUZAMIENTO	-

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Alto	PRESENCIA DE HUMEDAD	No

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Presenta esquistos biotíticos y paragneises intercalados con cuarcitas constituidas por cristales de cuarzo íntimamente soldados y entrelazados, posee una textura foliada gnéisica debido a la alternancia de los colores que contienen siendo estos claros con bandas oscuras a negras.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

FICHA N°	008	FECHA	2-diciembre-2023
CÓDIGO	AF-024	RESPONSABLE	Vanessa Romero

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	695692
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572465
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2364

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE AFLORAMIENTO		DATOS ESTRUCTURALES	
TIPO	Antrópico	RUMBO	-
ALTURA (m)	7,50	BUZAMIENTO	-
ANCHO (m)	9,30	DIR. BUZAMIENTO	-

SITUACIÓN GEOLÓGICA

FORMACIÓN GEOLÓGICA	Unidad Agoyán	AMBIENTE DE FORMACIÓN	Metamórfico
LITOLOGÍA	Esquisto	PRESENCIA DE ESTRUCTURAS	Ninguna
GRADO DE ALTERACIÓN	Bajo	PRESENCIA DE HUMEDAD	No

FOTOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN



Afloramiento masivo de esquistos de coloración negro y gris de bajo grado de alteración. Posee una textura de láminas finas con presencia de granos minerales de término fino a medio.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Anexo 3. Fichas de descripción petrográfica.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

CÓD.MUESTRA	LGE _{SSA} -VR- 001-I	FECHA	2-diciembre-2023
CÓD.AFLORAMIENTO	AF-007	RESPONSABLE	Vanessa Romero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697903
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9573422
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2113

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

FOTOGRAFÍA

COLOR	Blanca verdosa
TEXTURA	Fanerítica
ESTRUCTURA	Masiva
TAMAÑO DE GRANO	Medio (Visibles a simple vista)
TIPO DE MUESTRA	Ígnea (Plutónica)
ESTADO DE MUESTRA	Alterada



CONTENIDO MINERALÓGICO

MINERALES PRINCIPALES	Cuarzo, feldespato, plagioclasa
MINERALES SECUNDARIOS	Biotita, Moscovita
MINERALES ACCESORIOS	Anfíbol, Hornblenda
NOMBRE DE LA ROCA	Granodiorita

DESCRIPCIÓN

La muestra obtenida corresponde al afloramiento de código AF-007, en el cual se encontraba insertada de forma compacta y masiva, siendo de manera que, para ser tomada y estudiada macroscópicamente, fue necesario varios golpes dados con la piqueta, por tanto, se corrobora, que es una roca dura por su alto contenido de cuarzo y feldespato de alta resistencia mecánica. Los minerales micáceos se pueden observar en cristales hexagonales muy bien formados.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

CÓD.MUESTRA	LGE _{SSA} -VR- 002-I	FECHA	2-diciembre-2023
CÓD.AFLORAMIENTO	AF-008	RESPONSABLE	Vanessa Romero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697889
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9573385
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2105

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

FOTOGRAFÍA

COLOR	Gris
TEXTURA	Fanerítica
ESTRUCTURA	Masiva
TAMAÑO DE GRANO	Medio (Visibles a simple vista)
TIPO DE MUESTRA	Ígnea (Plutónica)
ESTADO DE MUESTRA	Alterada



CONTENIDO MINERALÓGICO

MINERALES PRINCIPALES	Cuarzo
MINERALES SECUNDARIOS	Feldespato
MINERALES ACCESORIOS	Plagioclasa, hornblenda, biotita, moscovita
NOMBRE DE LA ROCA	Anfíbol, piroxeno
NOMBRE DE LA ROCA	Granodiorita

DESCRIPCIÓN

Esta muestra de granodiorita se obtuvo del afloramiento AF-008, encontrándose altamente competente a ser cortada, contiene minerales de cuarzo y plagioclasa predominantemente y cantidades menores plagioclasa, hornblenda apareciendo como cristales en forma de aguja, biotita y moscovita como componentes minerales de color más claro.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

CÓD.MUESTRA	LGE _{SSA} -VR- 003-M	FECHA	2-diciembre-2023
CÓD.AFLORAMIENTO	AF-016	RESPONSABLE	Vanessa Romero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	697364
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572998
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2199

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

COLOR	Marrón nacarado
TEXTURA	Foliada
ESTRUCTURA	Laminar
TAMAÑO DE GRANO	Visible en forma laminar
TIPO DE MUESTRA	Metamórfica
ESTADO DE MUESTRA	Alterada

FOTOGRAFÍA



CONTENIDO MINERALÓGICO

MINERALES PRINCIPALES	Moscovita, feldespato,
MINERALES SECUNDARIOS	Clorita, biotita
MINERALES ACCESORIOS	Sericita
NOMBRE DE LA ROCA	Esquisto micáceo

DESCRIPCIÓN

Esta muestra representativa, corresponde al afloramiento AF-016 con características ampliamente visibles e identificables como la presencia de principales minerales micáceos como la moscovita, los cuales le proporcionan a la roca la textura laminada que posee y el brillo proveniente de las micas, además, de la textura suave y el aspecto brillante que registra al tocarla, minerales que permiten que la muestra rocosa se desprenda o desmenuce con facilidad por su textura foliada y estructura laminar escamosa al recibir un ligero golpe.



UNL

Universidad Nacional de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.



UNL

Universidad Nacional de Loja

FICHA DE DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA



Tema: Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja.

INFORMACIÓN GENERAL

CÓD.MUESTRA	LGE _{SSA} -VR- 004-M	FECHA	2-diciembre-2023
CÓD.AFLORAMIENTO	AF-022	RESPONSABLE	Vanessa Romero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PROVINCIA	Loja	DATUM	WGS-84
CANTÓN	Loja	COORDENADAS X	696218
PARROQUIA	El Valle	COORDENADAS Y	9572628
BARRIO/ SECTOR	Solamar	ALTURA (m.s.n.m)	2333

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

COLOR	Café verdoso
TEXTURA	Foliada
ESTRUCTURA	Laminar
TAMAÑO DE GRANO	Visible en forma laminar
TIPO DE MUESTRA	Metamórfica
ESTADO DE MUESTRA	Alterada

FOTOGRAFÍA



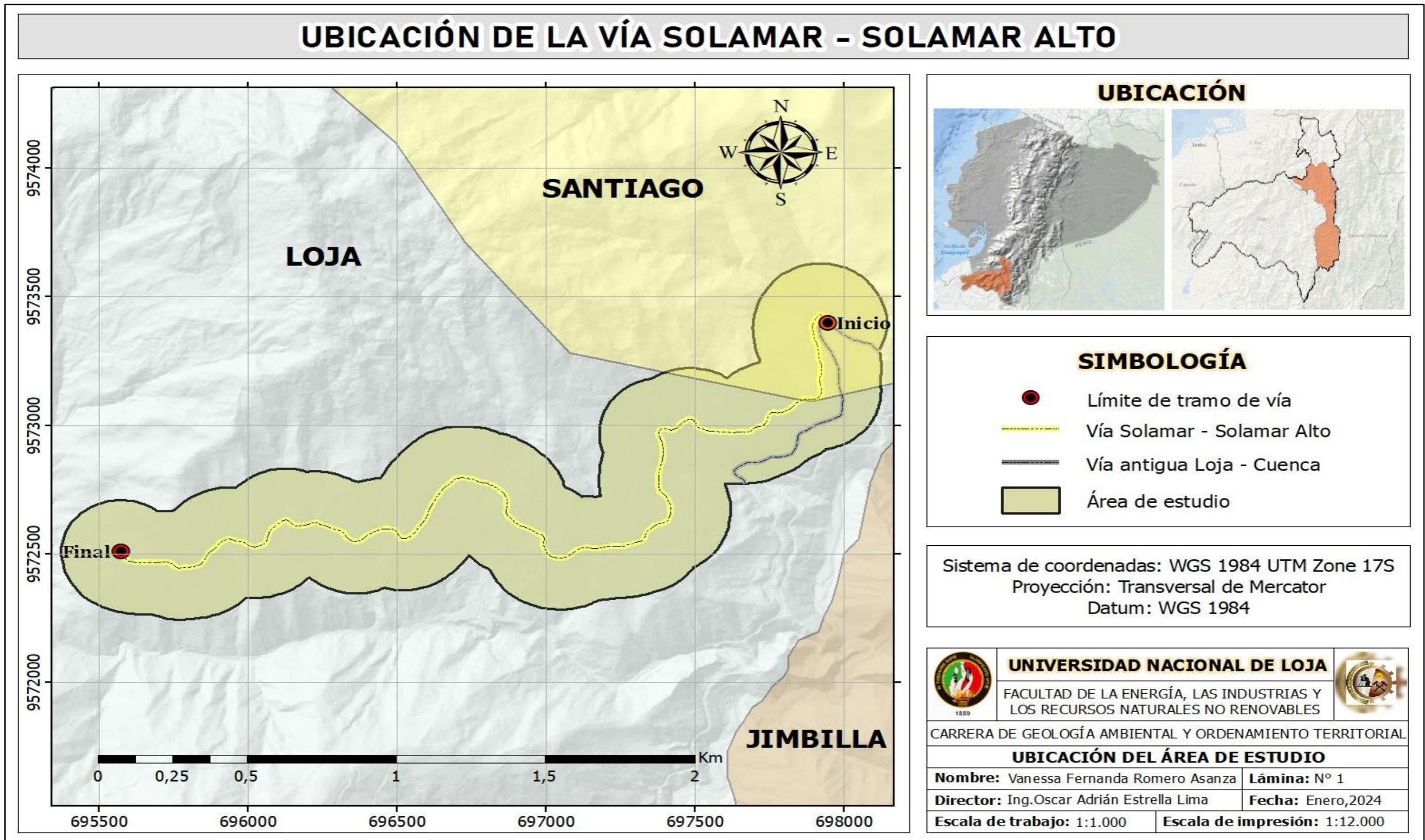
CONTENIDO MINERALÓGICO

MINERALES PRINCIPALES	Clorita, moscovita
MINERALES SECUNDARIOS	Biotita, feldespato
MINERALES ACCESORIOS	Cuarzo, epidota
NOMBRE DE LA ROCA	Esquisto

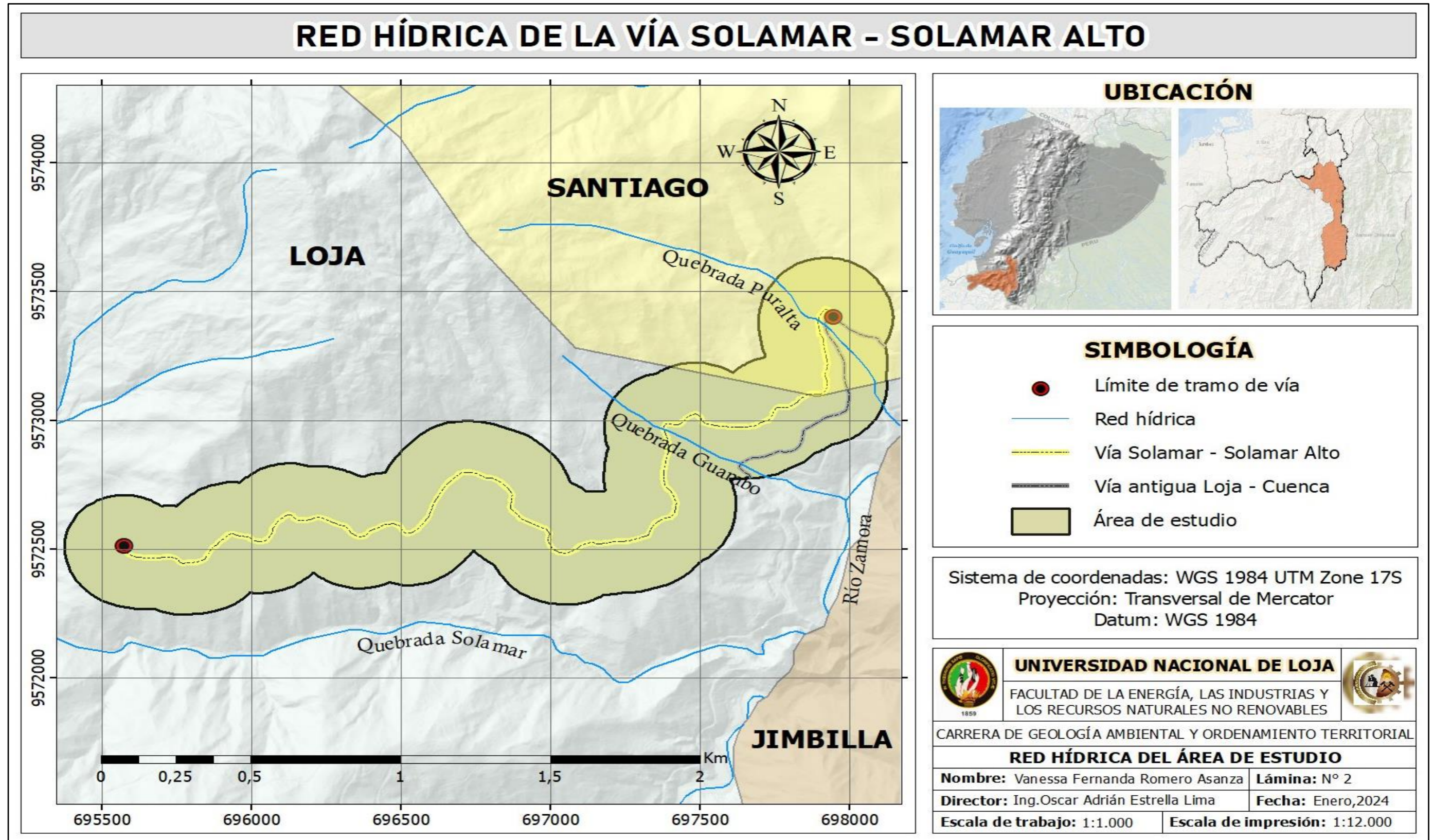
DESCRIPCIÓN

Presenta alto contenido de minerales de clorita lo que le otorga la coloración verde, a la vez minerales micáceos sobrepuestos sobre ella, dándole el brillo característico de este mineral. En menor proporción en uno de sus bordes, expone pequeños minerales de cuarzo y epidota. Así también en uno de sus costados, se diferencia presencia de cuarcita en estado de oxidación producto del óxido de hierro y los agentes externos a los que se encontraba expuesta, lo que pudo producir las manchas rojizas que se evidencia en dicha zona.

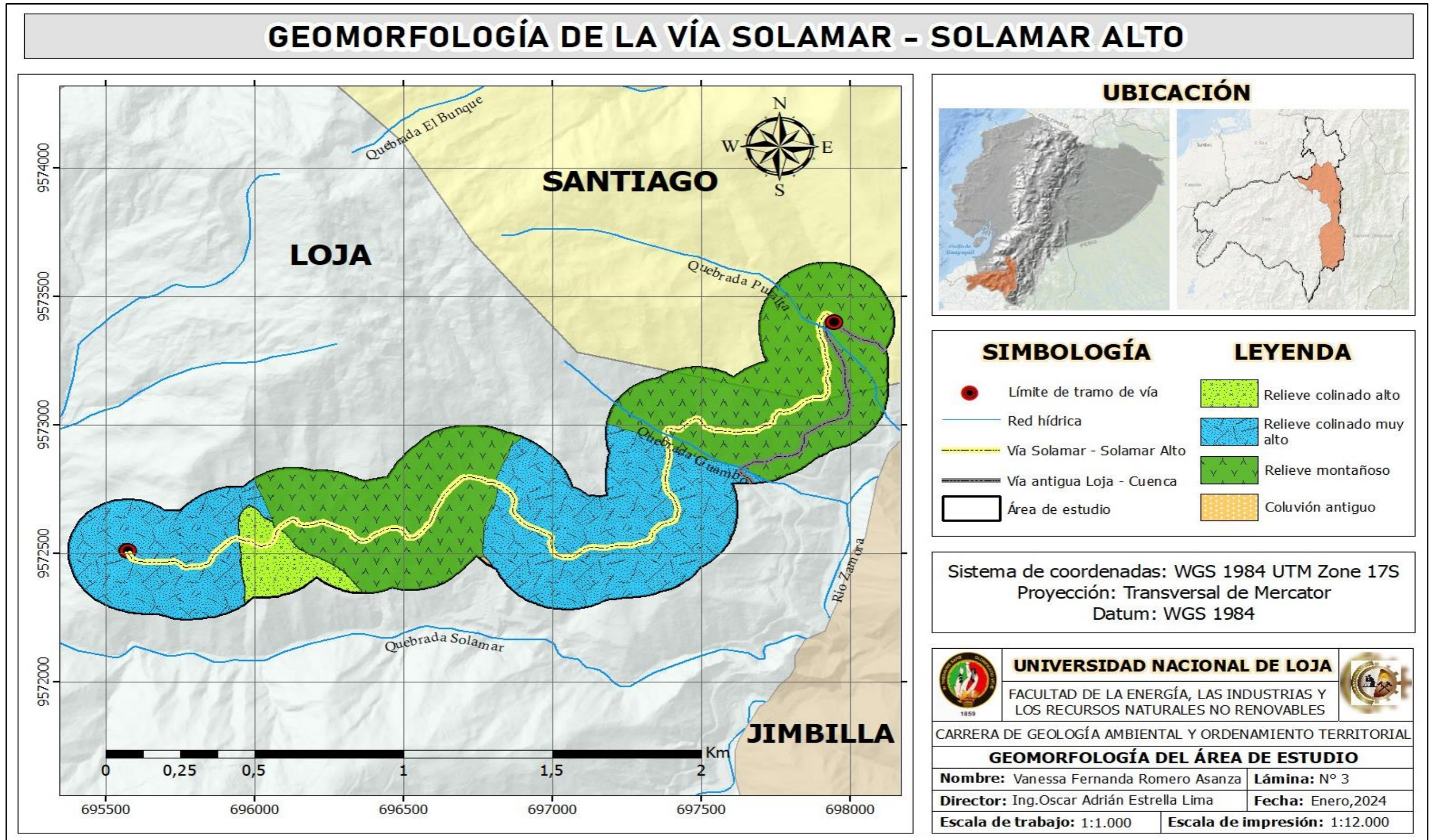
Anexo 4. Mapa de ubicación.



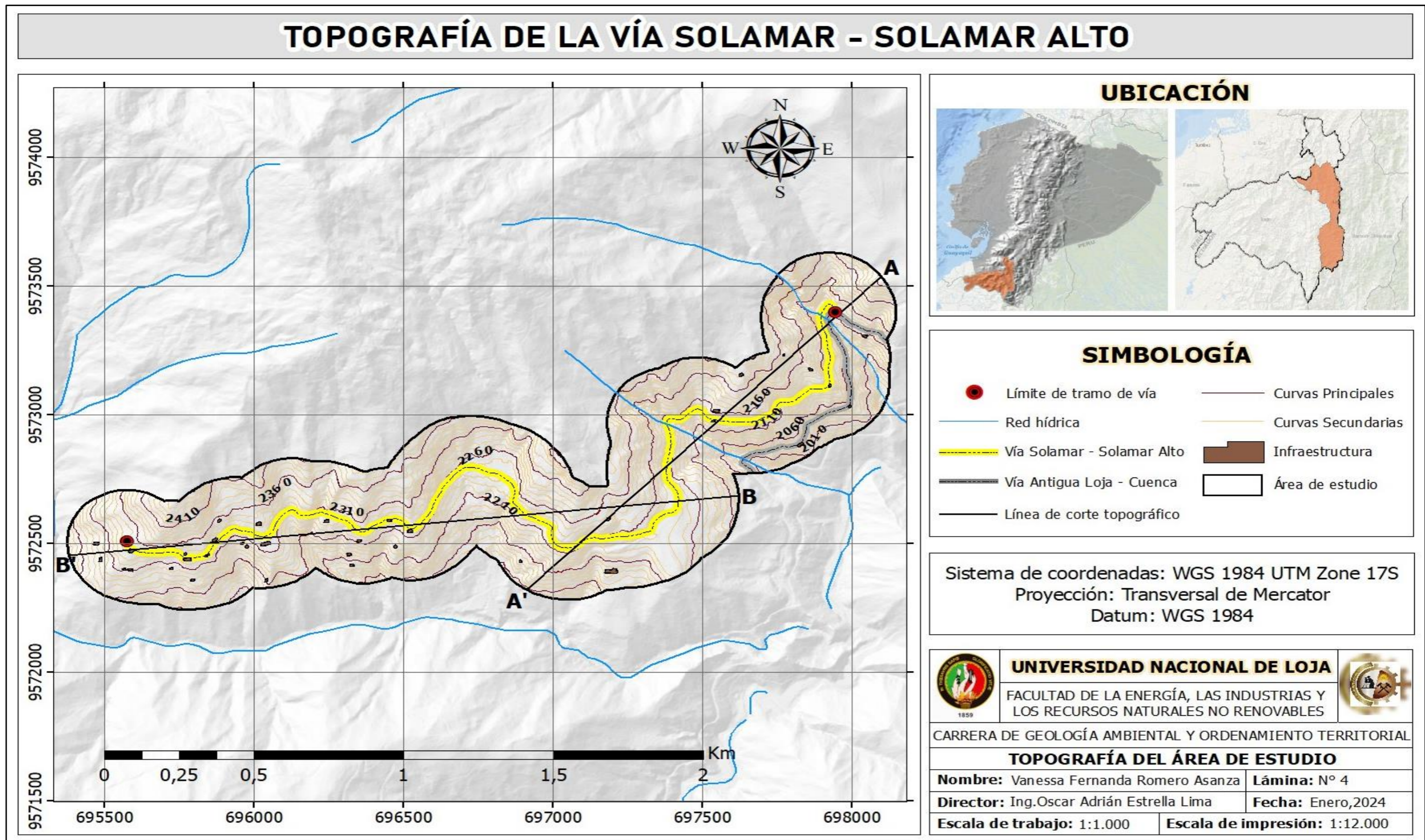
Anexo 5. Mapa de red hídrica.



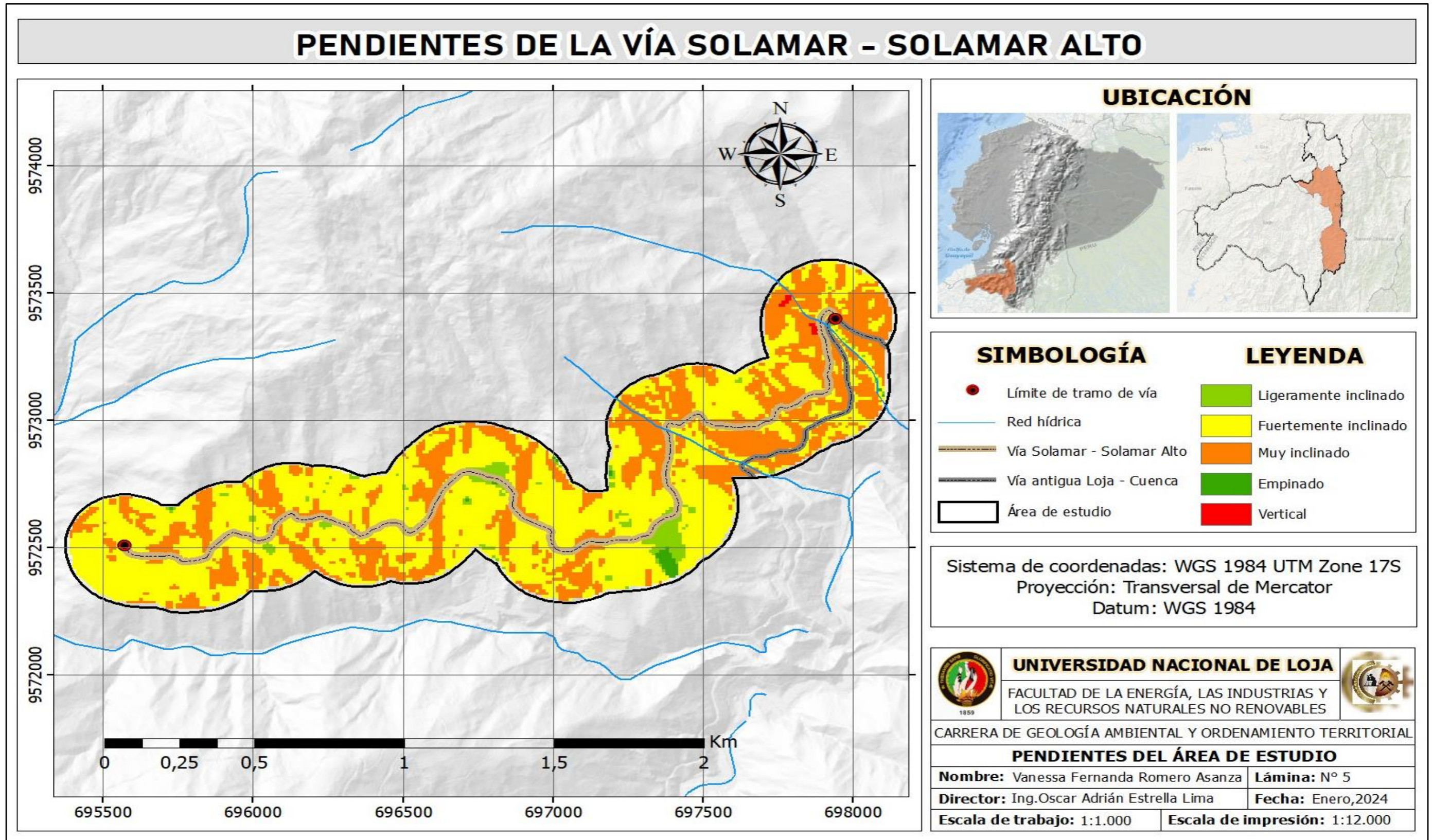
Anexo 6. Mapa geomorfológico.



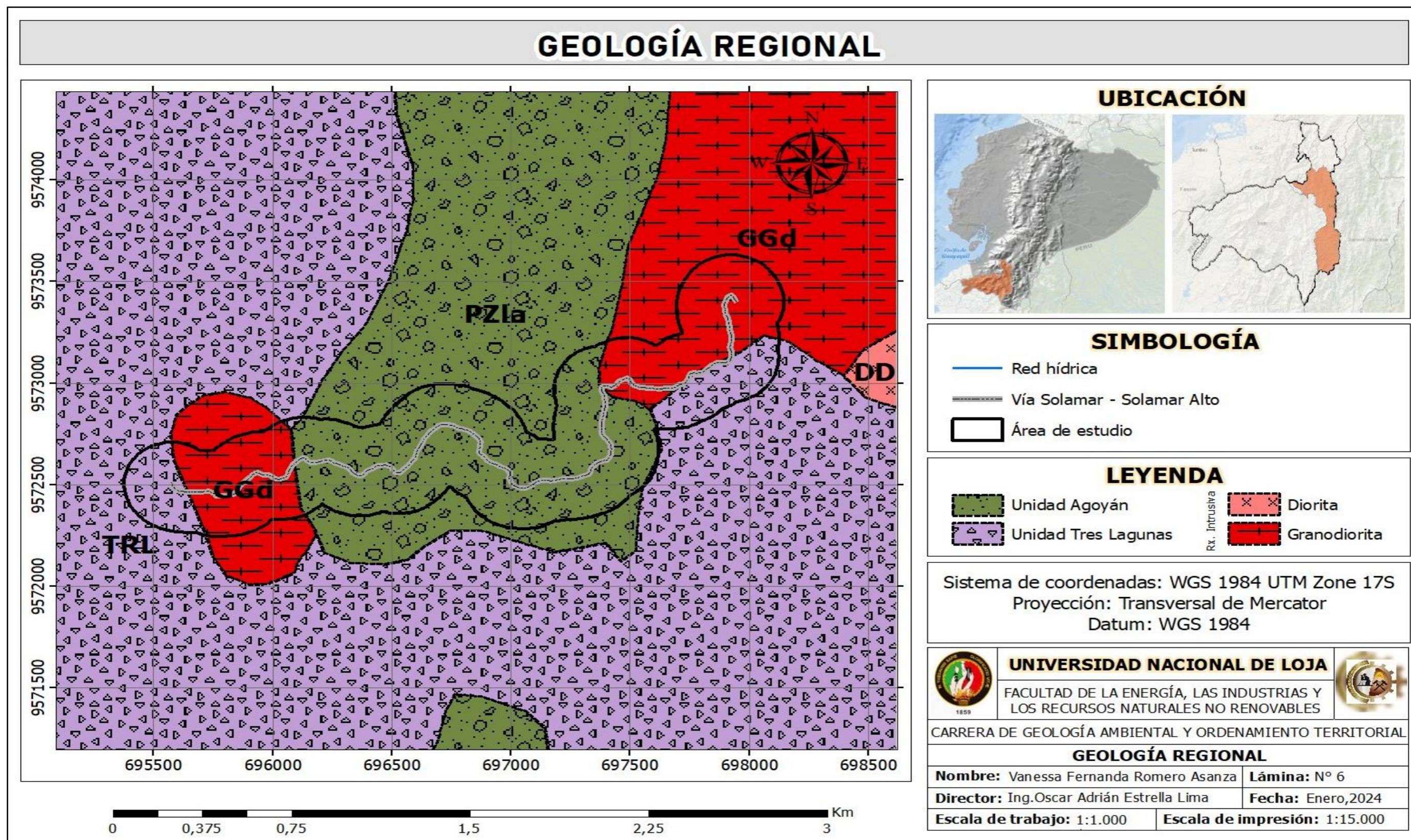
Anexo 7. Mapa topográfico.



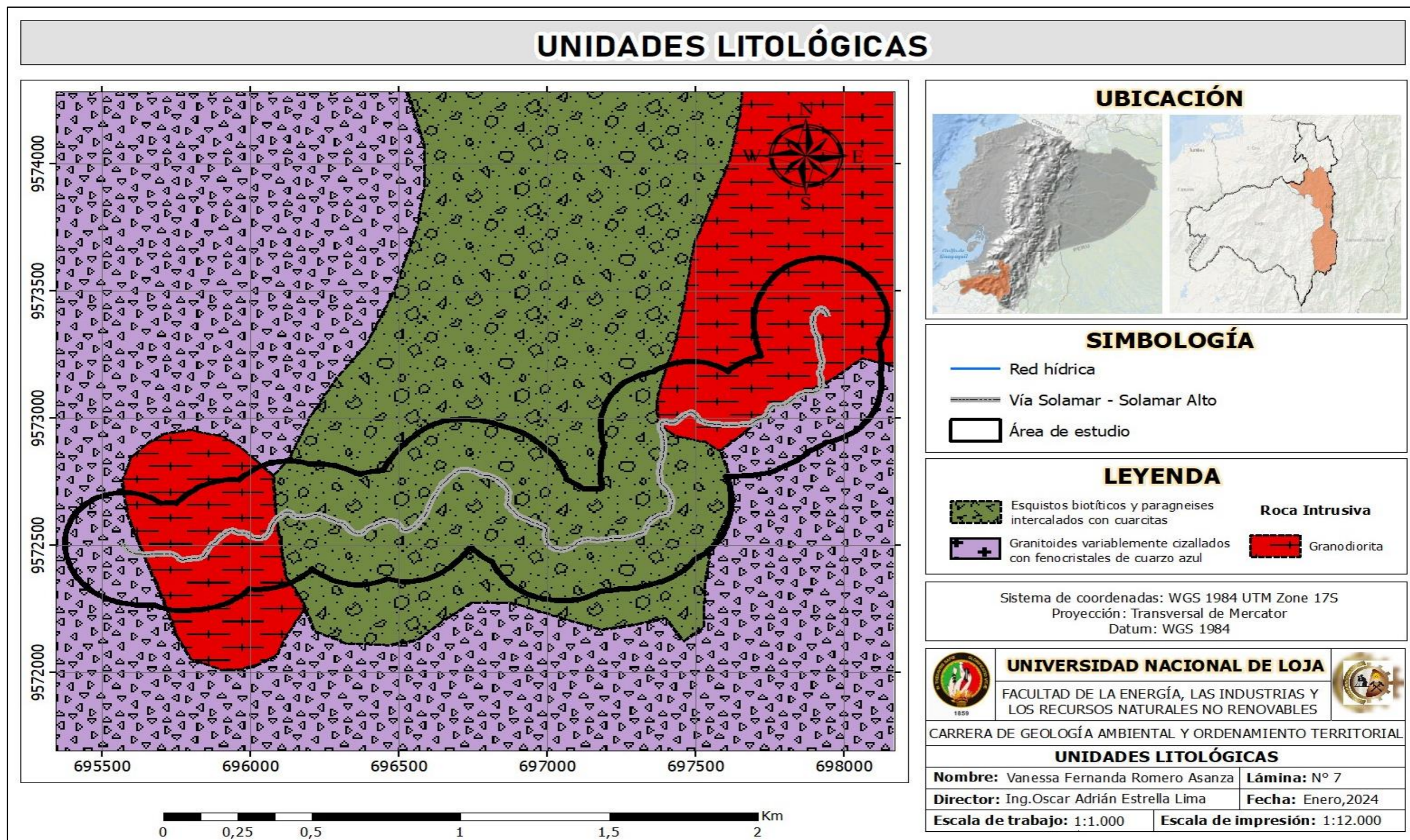
Anexo 8. Mapa de pendientes.



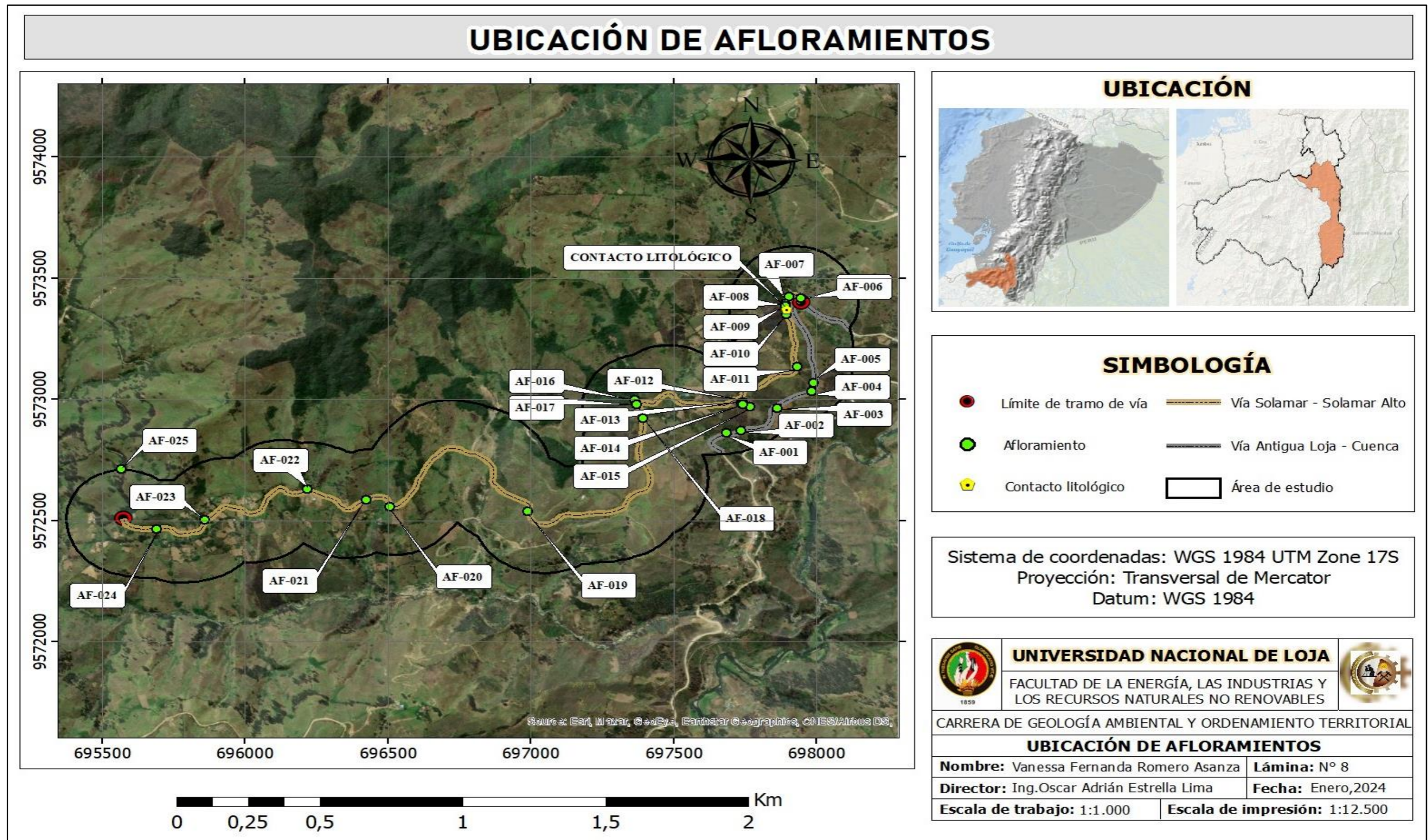
Anexo 9. Mapa geológico regional.



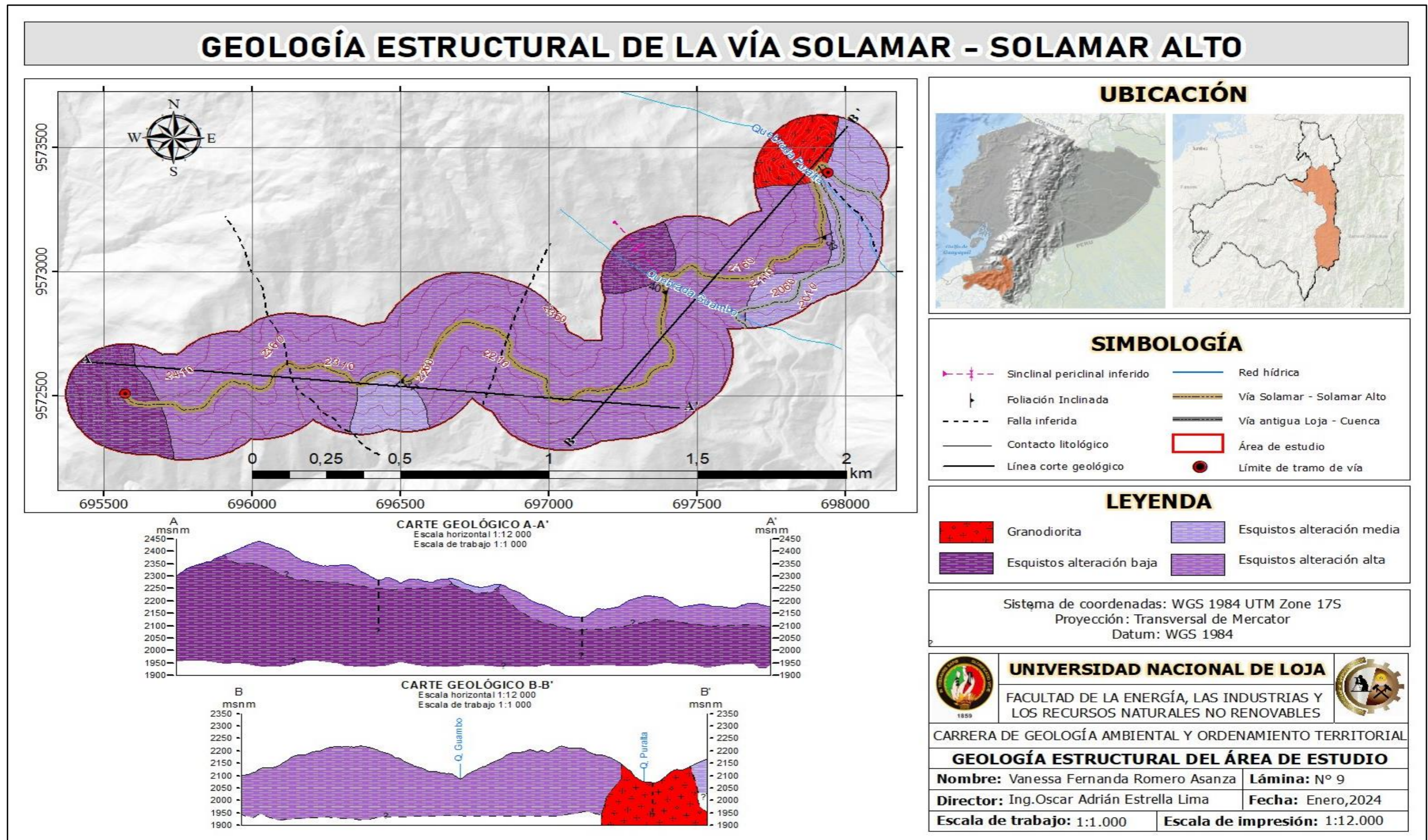
Anexo 10. Mapa de unidades litológicas.



Anexo 11. Mapa de ubicación de afloramientos.



Anexo 12. Mapa geológico – estructural.





UNL

Universidad
Nacional
de Loja

“Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1 000, de la vía Solamar - Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

Anexo 13. Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Titulación.

CERTIFICADO

Loja, 25 de mayo del 2024

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

CERTIFICO:

Que el documento aquí compuesto es fiel a la traducción del idioma Español al idioma Inglés de un resumen de Trabajo de Titulación, la misma que se realizó en base a los documentos originales entregados por la autora, la señorita **VANESSA FERNANDA ROMERO ASANZA**, con cédula de identidad Nro. **0706461860**, con el tema denominado “Levantamiento geológico – estructural, escala 1:1.000, de la vía Solamar – Solamar Alto, abscisas km 10+900 hasta km 14+600, parroquia El Valle, cantón Loja, provincia de Loja”.

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

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
LILIBETH JOHANA
BRAVO FAJARDO

Ing. Lilibeth Bravo Fajardo

C.I: 2100510854



lili06.fajardo@gmail.com
Cell: 098 806 3108