



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 de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja

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

**AUTORA:**

Yazmín Tatiana Mendoza Calva

**DIRECTOR:**

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima. Mg. Sc

Loja – Ecuador  
2024

## Certificación

Loja, 01 de mayo de 2024

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado **Levantamiento geológico-estructural de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja**, previo a la obtención del Título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría de la estudiante **Yazmín Tatiana Mendoza Calva**, con cedula de identidad Nro. **1105683930**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Oscar Adrián Estrella Lima. Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Yazmín Tatiana Mendoza Calva**, 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 Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



Firmado electrónicamente por:  
**YAZMIN TATIANA  
MENDOZA CALVA**

**Cedula de identidad:** 1105683930

**Fecha:** 06/05/2024

**Correo electrónico:** ytmendozac@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989560180

**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, **Yazmín Tatiana Mendoza Calva**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Levantamiento geológico-estructural de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; además autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido 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 del plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

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

**Firma:**



Firmado electrónicamente por:  
**YAZMIN TATIANA  
MENDOZA CALVA**

**Autora:** Yazmín Tatiana Mendoza Calva  
**Cedula de identidad:** 1105683930  
**Dirección:** Loja, Vilcabamba, Barrio Tumianuma  
**Correo electrónico:** ytmendozac@unl.edu.ec  
**Teléfono:** 0989560180

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Oscar Adrián Estrella Lima Mg.Sc.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios por guiarme en cada paso de este viaje académico, regalarme salud, fortaleza y sabiduría en el transcurso de todo el camino recorrido.

A mis padres Francisco y Gloria, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo, amor, comprensión, ayuda y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Verónica, Christian, Johan y Karen, por sus palabras de aliento para que siga adelante, sea perseverante y cumpla mis ideales.

A mi compañero de vida Edwin y mi hijo Samuel por ser mi motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

***Yazmín Tatiana Mendoza Calva***

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por siempre darme fuerza y no dejarme desfallecer en todo este proceso.

A mis padres quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Por su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación, es un regalo que valoro más allá de las palabras, es un orgullo ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanos y hermanas, por estar presentes, acompañándome y dándome su apoyo incondicional.

A mi director del Trabajo de Titulación Ing. Oscar Estrella, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones no hubiese podido lograr llegar a esta instancia, gracias por su guía y todos sus consejos.

***Yazmín Tatiana Mendoza Calva***

## Índice de Contenidos

<b>Portada.....</b>	<b>i</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>ii</b>
<b>Autoría.....</b>	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de Contenidos.....</b>	<b>vii</b>
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen.....</b>	<b>2</b>
Abstract.....	3
<b>3. Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>6</b>
4.1 Geología.....	6
4.2 Clasificación de las Rocas.....	6
4.2.1 Afloramiento.....	7
4.3 Litología.....	7
4.4 Estratigrafía.....	7

4.5	Mineralogía.....	7
4.6	Geología estructural .....	8
4.6.1	Esfuerzos de deformación .....	8
4.6.2	Estructuras geológicas .....	9
4.7	Mapa geológico .....	12
4.8	Sistemas de Información Geográfica.....	14
4.8.1	Escala.....	14
4.8.2	Cartografía.....	14
4.8.3	Fotointerpretación .....	14
4.8.4	Imagen Satelital.....	15
4.8.5	Mapas geológicos en SIG.....	15
4.8.6	Petrografía.....	15
4.8.7	Mineralogía.....	16
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>17</b>
5.1	Área de estudio .....	17
5.1.1	Ubicación .....	17
5.1.2	Acceso .....	17
5.2	Clima .....	18
5.3	Hidrografía.....	19
5.4	Geología Regional .....	19
5.5	Uso actual del suelo .....	21
5.6	Materiales.....	21
5.7	Métodos .....	22



5.8	Metodología para el primer objetivo .....	22
5.9	Metodología para el segundo objetivo .....	25
5.10	Metodología para el tercer objetivo .....	28
<b>6.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>29</b>
6.1	Topografía .....	29
6.2	Pendientes .....	30
6.3	Geomorfología .....	31
6.3.1	Relieve montañoso (RM) .....	31
6.3.2	Relieve colinado muy alto (RCMA).....	32
6.3.3	Relieve colinado medio (RCM) .....	32
6.3.4	Relieve colinado bajo (RCB) .....	33
6.3.5	Terraza media (TM) .....	33
6.4	Geología .....	34
6.4.1	Geología Local.....	34
6.4.2	Estructuras .....	40
6.5	Caracterización e Identificación macroscópica de muestras de campo.....	44
6.6	Mapa geológico-Estructural.....	53
<b>7.</b>	<b>Discusión .....</b>	<b>55</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>57</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>58</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>59</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>61</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas del área de estudio .....	17
<b>Tabla 2.</b> Materiales y equipos utilizados en la investigación .....	22
<b>Tabla 3.</b> Ficha de descripción de afloramiento.....	24
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de pendientes .....	24
<b>Tabla 5.</b> Modelo de Unidades Geomorfológicas .....	25
<b>Tabla 6.</b> Ficha para descripción macroscópica de muestras de roca .....	27
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de pendientes del área de estudio .....	30
<b>Tabla 8.</b> Unidades geomorfológicas del área de estudio.....	31
<b>Tabla 9.</b> Puntos levantamiento de afloramientos .....	34
<b>Tabla 10.</b> Análisis petrográfico macroscópico de granodiorita .....	45
<b>Tabla 11.</b> Análisis petrográfico macroscópico de riolita.....	46

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Partes de un pliegue .....	9
<b>Figura 2.</b> Partes de un pliegue anticlinal.....	9
<b>Figura 3.</b> Partes de un pliegue sinclinal .....	10
<b>Figura 4.</b> Partes de una falla normal.....	10
<b>Figura 5.</b> Falla trancurrente .....	11
<b>Figura 6.</b> Falla rotacional.....	11
<b>Figura 7.</b> Imagen Satelital .....	15
<b>Figura 8.</b> Acceso aérea de Quito a Loja .....	18
<b>Figura 9.</b> Acceso vía terrestre al sector de estudio desde la ciudad de Loja.....	18
<b>Figura 10.</b> Geología Regional del área de estudio.....	20
<b>Figura 11.</b> Clasificación de rocas ígneas según su composición mineral y su textura. ....	26
<b>Figura 12.</b> Clasificación de rocas sedimentarias detríticas .....	26
<b>Figura 13.</b> Clasificación de rocas metamórficas .....	27
<b>Figura 14.</b> Perfil topográfico A-A´ .....	29
<b>Figura 15.</b> Perfil Topográfico B-B´ .....	30
<b>Figura 16.</b> Perfil Topográfico C-C´ .....	30
<b>Figura 17.</b> Relieve montañoso.....	31
<b>Figura 18.</b> Relieve colinado muy alto.....	32
<b>Figura 19.</b> Relieve colinado medio .....	32
<b>Figura 20.</b> Relieve colinado bajo .....	33
<b>Figura 21.</b> Terraza media .....	33
<b>Figura 22.</b> Afloramiento de Pizarras .....	35
<b>Figura 23.</b> Afloramiento de Filitas .....	36
<b>Figura 24.</b> Afloramiento de Esquistos.....	36
<b>Figura 25.</b> Afloramiento de corneanas.....	37
<b>Figura 26.</b> Esquistos Unidad Agoyán y Granitoides (Granodiorita) Unidad Tres Lagunas .....	38
<b>Figura 27.</b> Afloramiento de Riolita. ....	38
<b>Figura 28.</b> Depósitos coluviales.....	39
<b>Figura 29.</b> Depósitos aluviales .....	40
<b>Figura 30.</b> Microfalla en material esquistos .....	40
<b>Figura 31.</b> Microfallas en material esquistos.....	41
<b>Figura 32.</b> Microfalla en material filita .....	41

<b>Figura 33.</b> Diaclasas sub-verticales.....	42
<b>Figura 34.</b> Diaclasas verticales.....	42
<b>Figura 35.</b> Contacto entre esquistos y granitoides.....	43
<b>Figura 36.</b> Contacto entre esquistos y depósitos aluviales .....	43
<b>Figura 37.</b> Contacto entre esquistos y Filitas.....	44
<b>Figura 38.</b> Análisis macroscópico M001 .....	44
<b>Figura 39.</b> Análisis macroscópico M008 .....	46
<b>Figura 40.</b> Análisis macroscópico M003 .....	47
<b>Figura 41.</b> Análisis macroscópico M004 .....	49
<b>Figura 42.</b> Análisis macroscópico M007 .....	50
<b>Figura 43.</b> Análisis macroscópico M010 .....	52
<b>Figura 44.</b> Perfil Geológico Estructural A-A´ .....	54

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Fichas de Afloramientos.....	61
<b>Anexo 2.</b> Fichas de descripción macroscópica de las rocas.....	71
<b>Anexo 3.</b> Mapa de Ubicación .....	81
<b>Anexo 4.</b> Mapa Topográfico.....	82
<b>Anexo 5.</b> Mapa Pendientes.....	83
<b>Anexo 6.</b> Mapa Geomorfológico .....	84
<b>Anexo 7.</b> Mapa Geológico-Estructural .....	85
<b>Anexo 8.</b> Certificación de traducción del resumen del trabajo de titulación.....	86

## **1. Título**

**“Levantamiento geológico-estructural de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja”**

## 2. Resumen

El levantamiento geológico estructural escala 1:5000, realizado en la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja, abarca una extensión de 4.5km, abarcando un área de 1,76Km<sup>2</sup>.

La caracterización geológico estructural se realizó mediante el método de mapeo de contactos, lo cual permitió caracterizar dos Unidades litológicas. Unidad Agoyán constituida principalmente por esquistos, pizarras, filitas y corneana, así mismo la Unidad Tres Lagunas constituida por Granitoides (granodiorita), Depósitos Coluviales compuestos por bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórfica; Depósitos Aluviales constituidos por material poco consolidado, con cantos y bloques de rocas generalmente metamórficos y volcánicos.

Estructuralmente mediante fotointerpretación se identificó una falla de tipo normal, y se evidencio tres zonas de microfallas, dos zonas de diaclasamiento y tres contactos. Para la posterior realización del mapa geológico estructural.

Obtenida toda la información del trabajo de campo, se procedió a realizar el mapa geológico estructural a escala 1: 5000, para ello se utilizó el software ArcGis 10.5 que nos ayude a reflejar las condiciones geológicas y estructurales del área de estudio.

**Palabras Clave:** Geología estructural, unidad litológica, mapeo de contactos, levantamiento geológico.

## **Abstract**

The structural geological survey at a scale of 1:5000, carried out the old Loja - Cuenca road from abscissa 6+000 to 10+500, belongs to Barrio Sevilla de Oro, Canton and Province Loja, has an extension of 4.5 kilometres and an area of 1.76 square kilometres.

The geological structural characterization was carried out through the contact mapping method, it allowed characterize two lithological units. The Agoyan unit is mainly composed of shales, schists, phyllites and corneanas, just as the Tres Lagunas unit is organised by granitoids (granodiorite), colluvial deposits composed of angular blocks of volcanic and metamorphic rocks; alluvial deposits composed of poorly consolidated material, with pebbles and blocks of generally metamorphic and volcanic rocks.

Structurally, photo-interpretation has identified one normal-type fault and three zones of microfaults, two diaclast zones and three contacts. This will help in the subsequent structural geological map.

Having all the information of the field work, performed to make the structural geological map scale 1:500, ArcGis 10.5 software was used to help us reflect the geological and structural conditions of the study area.

**Keywords:** Structural geology, lithological unit, contact mapping, geological survey.



### 3. Introducción

La geología es un sistema de conocimiento en desarrollo sobre la composición material, estructura, origen, evolución de los cuerpos geológicos y ubicación de los minerales. En este contexto, la investigación se centra en la parte geológica estructural de una determinada zona.

Tal es el caso de la vía antigua Loja-Cuenca donde se registran varios problemas de origen geológico, a lo largo de la vía, en la época invernal se producen varios deslizamientos, caída de roca, escorrentía superficial sobre la carretera, que afectan la vía, representando esto no solo un problema para esta comunidad sino también a las comunidades aledañas, ya que al ser una vía que conecta algunos sectores, perjudica la transitabilidad de transportistas y transeúntes. Sumado a ello que no se cuenta con estudios geológicos-estructurales, nace la necesidad de realizar un levantamiento geológico-estructural en el tramo de vía desde el Barrio Sevilla de Oro hasta el Barrio Solamar, del cantón y provincia de Loja, el cual tiene una extensión de 4.5 km.

La geología estructural es una de las más importantes y es uno de los complementos fundamentales en el mapeo geológico. Es gracias a esta disciplina que el geólogo tiene la capacidad de deducir varios procesos geológicos importantes. En el cual, se realiza levantamiento geológico-estructurales detallados que permiten conocer las características litológicas, geomorfológicas y estructurales de un sector.

Este estudio sirve como base para proyectos futuros de entidades públicas, privadas y de la población, ayudando a la identificación de riesgos geológicos y antrópicos, para que estos puedan ser prevenidos y mitigados, evitando así, pérdidas humanas y económicas.

**Objetivos:****Objetivo general:**

- Realizar el levantamiento geológico-estructural de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa km 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja.

**Objetivos específicos:**

- Determinar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en el área de estudio.
- Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico las litologías encontradas en la zona de estudio.
- Generar el mapa geológico-estructural en base a los datos obtenidos en campo.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Geología**

Las ciencias naturales suelen dividirse en diferentes ramas como la física, la química, la biología, la geología, la meteorología, la meteorología, etc. Todas estas apoyadas en las matemáticas.

Según Gorshkov y Yakushova (1970) definen la geología como una ciencia que se ocupa de la Tierra, constitución, la estructura y desarrollo y de los procesos que se presentan en ella, en el aire, el agua y la corteza rocosa.

### **4.2 Clasificación de las Rocas**

- **Rocas ígneas**

Estas rocas se crean cuando se enfría el "líquido" llamado magma (del griego = pasta o masa). Por la observación directa de los flujos de lava deja claro que las rocas volcánicas se forman a partir de un magma. Sin embargo, en el caso de las rocas plutónicas, su origen no es tan claro, ya que su creación no se puede observar directamente porque ocurre en lo profundo de la corteza terrestre. (Spikermann, 2010)

- **Rocas sedimentarias**

Estas rocas se forman por la consolidación de los sedimentos, es decir de los materiales sueltos por acumulación mecánica que existe de los fragmentos más o menos grandes (sedimentos clásticos), o en tal caso de precipitación de soluciones. Ya sea con o sin intervención de organismos (sedimentos organogénicos y químicos) (Spikermann, 2010).

- **Rocas metamórficas**

Estas rocas se forman por la transformación de rocas preexistentes bajo, bajo presiones y temperaturas diferentes, en las cuales se producen en las rocas cambios de la mineralogía sometida a metamorfismo. (Varela, 2014).

### **4.2.1 Afloramiento**

Se conoce como la parte de una formación rocosa que está expuesta en la superficie de la Tierra, la misma que nos permite describir características geológicas tales como: presencia de estructuras, orientación de las capas y tipo de material. etc. (Comlutense, 2004).

### **4.3 Litología**

Partiendo del punto de vista litológico los materiales se clasifican según su formación, lo que distingue dos grupos de materiales diferentes: la roca y el suelo. (Abramson & L.W., 1996).

### **4.4 Estratigrafía**

La estratigrafía es la ciencia que estudia el orden de capas o estratos formados durante el tiempo geológico. El estudio de la sucesión tiene dos bases principales: los fósiles, que representan las edades relativas de las capas, y las facies, que determinan la naturaleza y origen de los materiales. (Dávila J., 2011).

Principios de la clasificación estratigráfica. Murphy & Salvador (1999) señalan que en la clasificación estratigráfica están inmersas todas las rocas de la corteza terrestre; y se pueden clasificar según sus características perceptibles y medibles de las rocas, como la litología y la edad de formación. En este sentido se considera a un cuerpo de roca que se define en la clasificación de rocas como una unidad específica en función de algunas de sus características o características o de una combinación de varias de ellas como una unidad estratigráfica. (IIGE, 2019)

### **4.5 Mineralogía**

Según Hurlbut (1987) la mineralogía es una rama de la geología que estudia tanto las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diversos estados de agregación. Esta ciencia incluye diferentes campos orientados al conocimiento físico-químico, lo que ayuda a identificar y caracterizar los minerales, es así que se tiene algunas clasificaciones como: Mineralogía Física: las propiedades en este tipo de mineralógica se pueden apreciar a simple vista, con pruebas como rayado, color, fractura, brillo, densidad relativa, grieta, y fluorescencia. (Hurlbut, 1987) Mineralogía Química: intenta identificar la composición química de los minerales, la cual es una característica importante para distinguir unos minerales de otros. (Hurlbut, 1987) Cristalografía: es el estudio del estado cristalino y la formación de minerales en

diversos sistemas cúbicos, hexagonales, tetragonales, ortorrómbicos, monoclinicos y triclinicos. (Hurlbut, 1987)

## **4.6 Geología estructural**

### **4.6.1 Esfuerzos de deformación**

De acuerdo a Soriano (2012), el estrés es la magnitud de la fuerza que actúa sobre una unidad de roca y que causa la deformación. La tensión puede actuar igualmente sobre una parte de la roca, es decir en todas direcciones. Por otro lado, hay esfuerzos que se aplican de manera desigual, es decir. en diferentes direcciones. Estos pueden ser esfuerzos de compresión, tracción y corte.

Según Padilla (2009) la deformación se fundamenta en los cambios a los que está expuesta las rocas, por lo que abordar la describir geometría de las rocas más simples puede ser complicado. Así, la deformación se ha definido como la expresión geométrica de la cantidad de cambios.

De acuerdo a Fossen (2010), define que los principales componentes de la deformación son:

**Traslación:** este se refiere al movimiento tanto en la misma dirección y distancia de cada partícula que componen a la roca, este desplazamiento consiste en vectores paralelos y de la misma longitud.

**Rotación:** este se refiere a una rotación física de un volumen de relativo a un sistema coordinado externo, es decir no confundir con los ejes de la elipse de deformación.

**Sistema de referencia:** es fundamental para estudios de deformación, de esta manera se puede visualizar como se dan los desplazamientos.

**Expansión:** en este proceso los componentes internos del material se juntan o separan, de tal manera que las líneas entre los cuerpos se alargan o acortan uniformemente, mientras que la forma se conserva.

**Distorsión:** es un proceso que produce cambios en el espaciamiento de los componentes internos del material, de manera que la forma global y original del cuerpo es alterada, con o sin cambio en su forma.

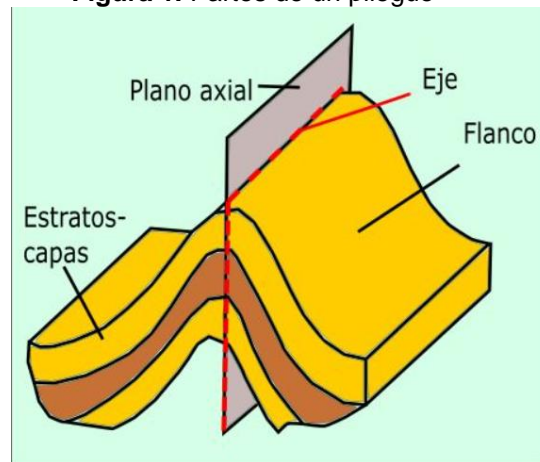
## 4.6.2 Estructuras geológicas

Los esfuerzos que exceden la resistencia mecánica ya sea abrupta o gradualmente, reconocibles y cartografiables son conocidas como deformaciones de la roca. En donde la resistencia de la roca controla la magnitud del esfuerzo cortante necesario para romper la misma. (Cervený et al., 2005).

### 4.6.2.1 Pliegues

Son conocidas como estructuras de deformación que resultan de esfuerzos compresivos. Los cuales se generan cuando las rocas se pliegan por presión y temperatura altas, lo que produce una ductibilidad necesaria para que se formen los pliegues. (Rivera, 2005)

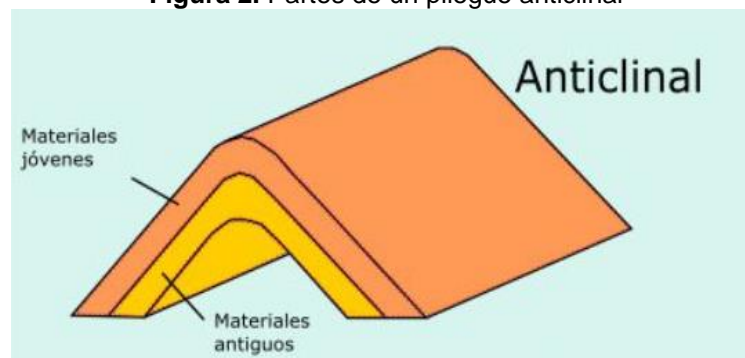
**Figura 1.** Partes de un pliegue



**Nota:** (Maldonado, 2020)

Los pliegues se dividen en dos grupos: Anticlinales: que contienen las rocas más antiguas en el núcleo y tienen forma convexa en relación con la superficie de la tierra. (Rivera, 2005).

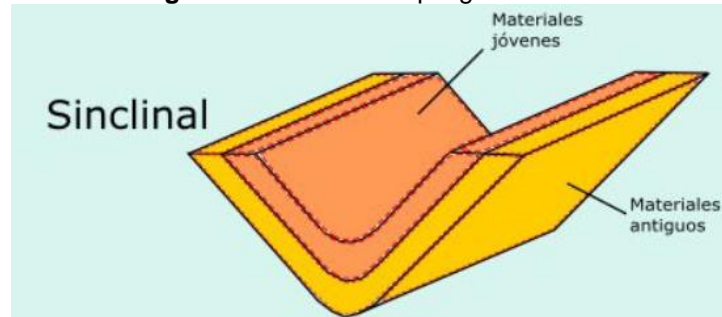
**Figura 2.** Partes de un pliegue anticlinal



**Nota:** (Maldonado, 2020)

Sinclinales: contienen las rocas más jóvenes en el núcleo, y presentan aspectos de tina, con la parte cóncava respecto a la superficie de la tierra. (Rivera, 2005).

**Figura 3.** Partes de un pliegue sinclinal



**Nota:** (Maldonado, 2020)

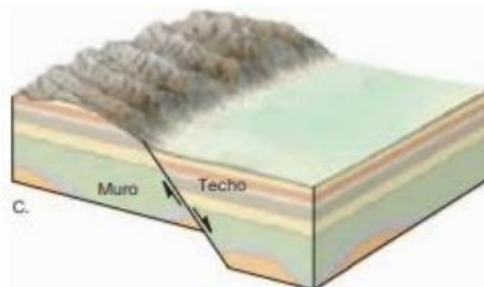
#### 4.6.2.2 Fractura

Las fracturas son las estructuras más comunes presentes en la superficie de la Corteza terrestre. Se genera por una discontinuidad que separa bloques de rocas con desplazamientos perpendiculares al plano de ruptura. Se visualiza en cualquier tipo de roca y afloramiento. Este tipo de deformación afecta la resistencia de las rocas a los esfuerzos (Niemeyer, 1999).

#### 4.6.2.3 Fallas

Son conocidas por ser semejantes a las facturas pero aquí ya existe un desplazamiento de roca que tiene una dirección generalmente paralela al plano de ruptura, esto como consecuencia de la aplicación de un esfuerzo de cizalla, que hace que se rompa la roca. Se presentan diversos tipos de fallas como: normal, inversa, dextral y rotacional. (Niemeyer, 1999).  
Falla normal: poseen un desplazamiento vertical que se genera cuando un bloque de techo se desplaza hacia abajo con respecto al bloque del muro (Tarbuck & Lutgens, 2005).

**Figura 4.** Partes de una falla normal

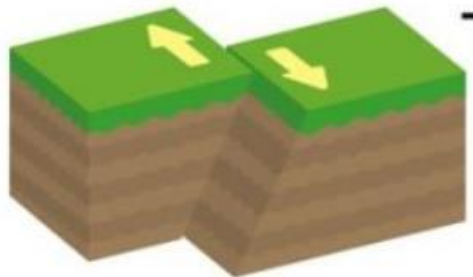


**Nota:** (Tarbuck y Lutgens, 2005)

Falla inversa: en este tipo de falla ocurre lo inverso a una falla normal el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro (Tarbuck& Lutgens, 2005).

Falla dextral: ocurre cuando el bloque de enfrente se desplaza en forma dextral, es decir los bloques se mueven en dirección del rumbo del plano de falla. (Arellano Gil et al., 2002).

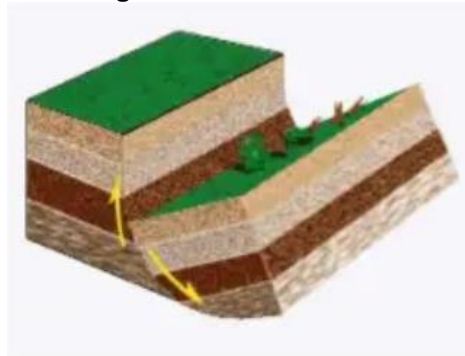
**Figura 5.** Falla trancurrente



**Nota:** (Arellano G. et al., 2002).

Falla rotacional: se presenta cuando el desplazamiento entre los bloques es rotacional. (Arellano Gil et al., 2002).

**Figura 6.** Falla rotacional



**Nota:** (Arellano G. et al., 2002).

#### **4.6.2.4 Diaclasas**

Son semejantes a las fallas en las cuales no se produce algún desplazamiento aparente. Comúnmente tienen una orientación paralela entre sí, y se encuentran en juegos o familias. Se producen principalmente por esfuerzos de cizalla, por movimientos mayores de la corteza terrestre, o como resultado del intemperismo, por una serie de procesos magmáticos durante el enfriamiento de las rocas ígneas y o por expansión y contracción y de las capas más superficiales. (Trigueros, 2018).



Las diaclasas se pueden clasificar en base a:

Su forma: como por ejemplo las diaclasas sistemáticas: se conoce como grupos de diaclasas que poseen una geometría paralela y planar y son paralelas unas a otras, pero manteniendo un espaciado entre ellas. Y las no sistemáticas: son diaclasas irregulares y curvas.

Su longitud: diaclasas maestras o principales.

Y la abundancia relativa: son sistemas de diaclasas que se observan en un afloramiento o pueden ser cartografiadas en un mapa. Si existiere dos o más familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de roca las cuales se interceptan formando ángulos constantes y geometrías semejantes.

#### **4.7 Mapa geológico**

Es una proyección vertical de la geología de una zona o territorio. Que reflejan información estratigráfica, estructural y litológica. (Oyarzún, 2009) Según Echeveste (2018), menciona que la información que se presenta en los mapas geológicos debe ser objetiva, los datos deben poder ser distinguidos claramente ante el lector. Así mismo se debe mostrar un nivel de detalle acorde a la escala del mapa, el mapa no debe contener exceso de información que llegue a ser confuso e imposible de leer ni estar con falta de datos.

##### **4.7.1.1 Métodos de mapeo geológico**

Según Lisle, Brabham, & Barnes (2011) Indican que el mapeo geológico implica la realización de observaciones geológicas objetivas en el campo y registrarlas. Sin embargo, a diferencia de la elaboración de un mapa topográfico, el proceso no es sólo una cuestión de registro de datos fácticos. Los datos disponibles para el geólogo suelen ser limitados por falta de roca expuesta (afloramientos), por lo que es inevitable que también se requiera interpretación por parte del geólogo de campo.

De hecho, es este trabajo de detective lo que hace al mapeo geológico una experiencia tan satisfactoria. Los mapas geológicos muestran patrones de color a menudo dramáticos e intrincados, cada uno correspondiente a una unidad geológica o formación diferente. El término formación se refiere a una unidad de roca mapeable, en lugar de a una exposición de lecho rocoso que muestra una forma curiosa o interesante. Una formación se compone de un conjunto de rocas que poseen colectivamente algo distintivo que hace que el conjunto sea reconocible en

toda la región que se está cartografiando y distinguible de otras formaciones. No existe una forma única de subdividir las rocas de una región en formaciones; depende del juicio del geólogo y también de la escala del mapeo.

El primer día más o menos en el campo se suele dedicar al trabajo de reconocimiento, para ganar una impresión inicial de:

1. Los tipos de rocas presentes
2. El "grano estructural" general; y
3. Los problemas de topografía, dónde existen exposiciones de rocas, rutas, y acceso

De acuerdo a Greenly & Williams (1930) describen tres diferentes estrategias para producir un mapa geológico. Estos, conocidos como: siguiendo contactos, los mapas de recorrido y exposición, se describen en las secciones siguientes.

- ✓ Mapeo siguiendo contactos. Las formaciones, rara vez se componen de una sola litología (tipo roca) porque las rocas, por su propia naturaleza, tienen una composición variable a pequeña escala. Se trazan líneas en mapas geológicos para mostrar los límites de las formaciones individuales. Estas líneas a menudo se denominan contactos. Su objetivo es rastrear los contactos entre diferentes formaciones rocosas, grupos y tipos y mostrar en un mapa dónde ocurren. Ocasionalmente, se puede ver un contacto directamente; en otros lugares, los contactos no están expuestos continuamente y deben inferirse. A veces, los contactos se pueden seguir más fácilmente y más con precisión en fotografías aéreas, estas muestran pequeños cambios en la topografía y la vegetación que no se pueden detectar en el suelo pero que indican la posición del contacto incluso cuando está oculto por depósitos superficiales. Una vez trazadas en las fotografías, se verifica la posición del contacto en el campo en sus puntos más accesibles. (Echeveste, 2018)
- ✓ Atravesar. Es un método para cubrir el terreno con el detalle requerido por su empleador. Una travesía se realiza recorriendo una ruta más o menos predeterminada desde un punto del mapa a otro, trazando la geología en el camino. Los cruces son una forma excelente de controlar la densidad de sus observaciones. Deben planificarse para cruzar el grano geológico general de la parte de la región en la que se está trabajando, y en el trabajo de reconocimiento,

que es su uso principal, se pueden caminar varios cruces aproximadamente paralelos a través del país a intervalos muy espaciados.

- ✓ Mapeo de exposición. La cartografía por exposiciones es el pilar de una cartografía muy detallada a escalas de 1:10 000 o más. El alcance de cada exposición, o grupo de exposiciones, se indica en el mapa de campo coloreándolos con el lápiz de color elegido para esa formación.

## **4.8 Sistemas de Información Geográfica**

De acuerdo a Olaya (2014) un SIG permite la realización de las siguientes operaciones: Lectura, almacenamiento, edición, y, gestión de datos espaciales. Los cuales se pueda hacer un análisis de datos que incluya desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos. (Olmos, 2010)

Y resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc. Se pueda definir en un SIG como una herramienta capaz de combinar información gráfica los mapas y la información alfanumérica las estadísticas para obtener una información derivada sobre el espacio (Olmos, 2010).

### **4.8.1 Escala**

Se la puede medir en cuatro escalas: nominales, ordinales, de intervalos o de razón. Que presentan el objeto observado o representado. (Rodrigues Lloret & Olivella, sf).

### **4.8.2 Cartografía**

Es una disciplina geográfica definida por procesos que generan la elaboración de los mapas, desde el trabajo de campo-al de diseño y finalmente su elaboración final. (Lugo, 2011).

### **4.8.3 Fotointerpretación**

Se lo realiza mediante fotografía aérea, en las cuales se hace el reconocimiento de contactos entre diferentes litologías, estructuras como pliegues, fallas o sistemas de diaclasas y lineamientos en general sobre la base de cambios de tono y textura. (MAGAP, 2015).

#### **4.8.4 Imagen Satelital**

Según Bakker (2005) la define como una representación visual de datos reflejados por la superficie de la tierra y los datos que son enviados a una estación para ser procesados y convertidos en imágenes.

**Figura 7.** Imagen Satelital



**Nota:** (Bakker, 2005)

#### **4.8.5 Mapas geológicos en SIG**

Cuando se trabaja con información digital en un SIG es necesario documentar muy bien su génesis, el detalle, la proyección, y las características del proceso de digitalización y la metodología de análisis. Fundamentalmente para la elaboración de mapas geológicos, se hace el uso del SIG, ya que permite procesar la mayor cantidad de información, y permite actualizar constantemente los datos, realizar salidas gráficas a cualquier escala, almacenar datos, realizar análisis y representaciones cartográficas. (Domínguez, 2003, p. 58).

#### **4.8.6 Petrografía**

Según el SGM (2021), la petrografía se encarga de la descripción y clasificación de las rocas en base a la observación microscópica o láminas delgadas, en un microscopio petrográfico, clasificándolas según su textura y composición mineralógica.

Para la realización de un estudio petrográfico se debe realizar una descripción macroscópica que describa el aspecto, textura, color, dureza, tamaño de grano o granularidad de las rocas. (SGM, 2021)

Si los minerales no pueden ser apreciables a simple vista se denomina como la textura de la roca afanítica es decir que posee granos finos, y si se pueden observar a simple vista se

denomina que la roca contiene una textura fanerítica donde los minerales poseen granos gruesos apreciables a simple vista. (SGM, 2021)

#### **4.8.7 Mineralogía**

Es la ciencia que se encarga del estudio de los minerales, que analiza sus características de formación o modificación de nuevos minerales. (Beder, 1938).

##### **4.8.7.1 Composición Mineralógica de las rocas sedimentarias**

Griem (2020), menciona que el estudio de las rocas en cuanto a sus minerales nos ayuda a determinar en muchos de los casos la historia geológica de una roca. Las rocas sedimentarias, según su composición se pueden agrupar de la siguiente manera: Minerales detríticos que se generaron por la desintegración de las rocas preexistentes; como las rocas ígneas, los minerales principales que contienen son el cuarzo y los feldespatos.

## 5. Metodología

### 5.1 Área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la vía antigua Loja-Cuenca, entre las abscisas, km 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja.

#### 5.1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado en el Cantón y Provincia de Loja, en la vía antigua Loja-Cuenca, entre las abscisas, km 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro. (Ver Anexo 1).

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio

<b>Coordenadas WGS 84</b>			
<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Cota</b>
<b>Inicio</b>	696686	9569272	6+000
<b>Fin</b>	697772	9572410	10+500

#### 5.1.2 Acceso

El acceso hacia el sector de estudio se lo puede realizar por vía aérea y terrestre.

Por vía aérea se parte desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre en la ciudad de Quito, hasta el Aeropuerto Ciudad de Catamayo, con un tiempo de 50 minutos, desde ahí se sigue por vía terrestre hasta la ciudad de Loja con un tiempo de 45 minutos, y luego hasta el área de estudio se emplea un tiempo de 29 min.

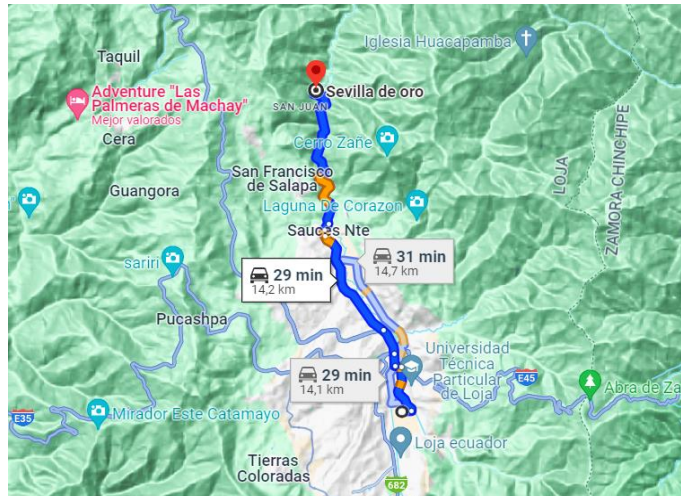
**Figura 8. Acceso aérea de Quito a Loja**



**Nota:** Google Maps 2023.

Por vía terrestre se parte desde el terminal terrestre Reina del Cisne de la ciudad de Loja, cantón y Provincia de Loja, con una distancia de 14,2 km, empleando un tiempo de recorrido de 29min.

**Figura 9. Acceso vía terrestre al sector de estudio desde la ciudad de Loja**



**Nota:** Google Maps 2023.

## 5.2Clima

De acuerdo al PDOT (2019), la ciudad de Loja presenta un clima temperado–ecuatorial subhúmedo, que es caracterizado de una temperatura media que fluctúa entre 18 y 20°C y una lluvia anual de 923 mm. El aspecto del clima de la Provincia de Loja, que lo hace diferente al resto del País, está supeditado al abrupto y caótico relieve, con ausencia de la Cordillera Occidental y al fenómeno de la desertificación, que avanza desde el Sur.

### 5.3 Hidrografía

Según Linsley (1985), la ciudad de Loja, es drenada por cuatro sistemas hidrográficos al norte por la cuenca del río Jubones; Hacia el noroeste de la provincia se encuentran los afluentes del río Puyango, al este se encuentra la cuenca del río Santiago, Y finalmente, en el centro y sur de la provincia, se encuentra el sistema Chira-Catamayo conformado por tres grandes cuencas: en el centro la cuenca del río Catamayo, al Sur la cuenca del río Macará, que limita con el Perú y al Noroeste la cuenca del río Alamor.

### 5.4 Geología Regional

J. Kennerley (1973), describe que la geología de la Provincia de Loja está conformada por:

- Rocas metamórficas, que se localizan al Noroeste y al Este, de la provincia, las cuales constituyen el basamento; se data estas rocas de edad Paleozóica; (Kennerley, 1973)
- Rocas de origen sedimentario, se encuentran rellenando las depresiones de Loja y Malacatos, al este de la provincia; y datan de edad Terciaria. (Kennerley, 1973)
- Rocas volcano-sedimentarias, presentes al noreste de la provincia; datan de edad cuaternaria, y, Rocas de origen magmático intrusivas como los granitos y granodioritas. Se hallan en toda la provincia y han intruido a las rocas paleozóicas, cretácicas y terciarias. (Kennerley, 1973)

En el contexto geológico regional la cuenca de Loja corresponde a una de las cuencas sedimentarias Neógenas del Sur del Ecuador. (Kennerley, 1973)

**Granodiorita:** constituida fundamentalmente por cristales de cuarzo, feldespato y biotita, posee una matriz microcristalina. (Kennerley, 1973)

**Diorita:** Roca intrusiva fanerítica formada por feldespato (plagiclasa media) y hornblenda, lo que le da su carácter intermedio al no poseer cuarzo. De color intermedio con tonalidades grises, negras y blancas, y en raras ocasiones verde (debido a procesos de meteorización) (Kennerley, 1973).

**Unidad Tres Lagunas:** comprende una serie de gneises pelíticos y cuarzo feldespático de grado medio a alto. La edad es de pérmico triásico (Litherland et al., 1994).



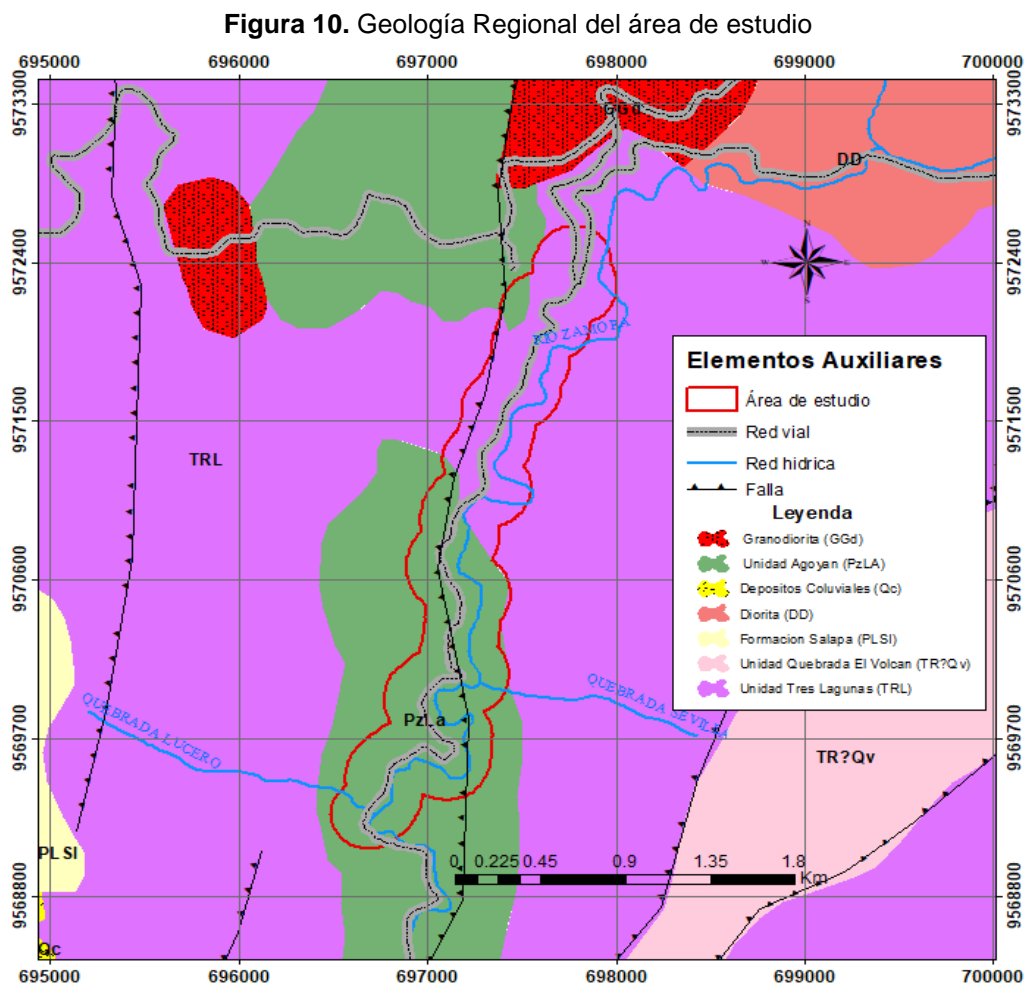
**Unidad Quebrada El Volcán** según el INIGEMM (2016) consiste de una secuencia de rocas meta-volcánicas y meta-volcanoclásticas, en las cuales se evidencia facies con bajo grado metamórfico.

**Unidad Aگویán:** pertenece al terreno litotectónico Loja y se encuentra ampliamente distribuida al norte de la cordillera. La litología de la unidad son esquistos de moscovita - granate de grano medio y gneis de grano grueso. (Kennerley, 1973).

**Formación Salapa:** descansa discordantemente sobre el metamórfico que bordea la cuenca, contiene líticos y tobas ricas en vidrio.

**Depósitos Coluviales (QC):** A manera de avalancha de escombros, flujos de detritos y deslizamientos. (IIGE, 2022).

A continuación, se muestra en la Figura 10, la geología regional del área de estudio.



## **5.5 Uso actual del suelo**

Según Espinoza (1981), existen diferentes usos del suelo que se da en la provincia de Loja los cuales corresponde: bosques, matorrales, páramo, y áreas urbanas; así mismo en asociaciones como: agricultura-pasto y pasto-agricultura.

Bosques se los puede clasificar en dos grupos:

Naturales: Estos bosques se componen principalmente de especies comerciales y potencialmente explotables. Y se definen como áreas cubiertas por bosque de crecimiento natural de más de 5m de altura, de los cuales más del 60% han sido aprovechados. (Espinoza 1981).

Artificiales: bosques plantados por personas donde crecen especies exóticas adaptadas al medio ambiente con propósitos de: protección y producción. (Espinoza 1981).

Matorrales: crecen en zonas de topografía escarpada y montañosa, es una vegetación diversa, de crecimiento natural, de más de 5m de altura, con densa vegetación leñosa. (Espinoza 1981).

Páramo: está formado por vegetación natural típica que crece por encima de los 3.5m y forma los llamados pastizales. (Espinoza 1981).

Áreas urbanas: Son áreas dedicadas al desarrollo poblacional de las ciudades. Vínculo agrícola-pastícola: Son zonas donde se producen importantes cambios fisionómicos debido a los beneficios económicos de la actividad humana. (Espinoza 1981).

Sociedad Agrícola de Pastos: Esto incluye vegetación de crecimiento natural compuesta de pastos y arbustos, pastos. La mayoría de estas zonas se dedican a la ganadería, especialmente bovina y caprina. (Espinoza 1981).

## **5.6 Materiales**

Para la realización de la presente investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos, descritos en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Materiales y equipos utilizados en la investigación

Materiales de campo	Materiales de oficina
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Brújula Brunton</b></li><li>✓ <b>GPS Garmin.</b></li><li>✓ <b>Martillo Geológico.</b></li><li>✓ <b>Fundas plásticas ziploc y etiquetas.</b></li><li>✓ <b>HCl al 10%.</b></li><li>✓ <b>Cinta métrica 100m</b></li><li>✓ <b>Lápiz magnético-rayador</b></li><li>✓ <b>Ácido clorhídrico</b></li><li>✓ <b>Lupa 20X.</b></li><li>✓ <b>Distanciómetro</b></li><li>✓ <b>Libreta de campo.</b></li><li>✓ <b>Fichas de caracterización de afloramientos.</b></li><li>✓ <b>Fotografías aéreas</b></li><li>✓ <b>Carta geológica de Loja, escala 1:100000</b></li><li>✓ <b>Carta topográfica de Loja Norte, escala 1: 50000</b></li><li>✓ <b>Cámara fotográfica</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Computador.</b></li><li>✓ <b>Software: ArcGIS 10.5.</b></li><li>✓ <b>Software: Autocad 2014</b></li><li>✓ <b>Microsoft Office: Word 2016</b></li><li>✓ <b>Microsoft Office: Excel 2016</b></li><li>✓ <b>Microsoft Power Point</b></li><li>✓ <b>Google Maps</b></li><li>✓ <b>Google Earth</b></li></ul>

## 5.7 Métodos

Los métodos que se utilizó en el presente trabajo de titulación son el método descriptivo con la finalidad de evaluar, clasificar, caracterizar, el objeto de estudio, mediante la observación sistemática, para la obtención de información, mediante datos precisos de la zona de estudio. Y el método científico el cual considera características cualitativas y cuantitativas. Lo cuantitativo es secuencial y probatorio, utiliza la recolección de datos; y, lo cualitativo utiliza la recopilación de información de estudios previos, artículos, libros, entre otros, que servirán de aporte científico al desarrollo del proyecto.

## 5.8 Metodología para el primer objetivo

“Determinar las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en el área de estudio”

Previo al levantamiento geológico se realizó el levantamiento topográfico, para el cual se usó el método taquimétrico, utilizando estación total Trimble S6, considerando una poligonal cerrada.

La estación fue posicionada, nivelada y calibrada, utilizando GPS. Se tomó dos puntos de referencia A y B con coordenadas respectivamente. El punto B fue corregido antes de la toma de puntos, la estación debe ser nivelada, calibrada y encerrada.

Con ayuda de los prismas se realizó el levantamiento de la información mismos que tenían una altura referencial de 1.50 m, obteniendo la distancia y la posición de los puntos. Se siguió el mismo procedimiento hasta realizar el levantamiento de toda la zona de estudio.

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico están en formato txt, para exportarlos en ArcGis se los analizó en un Excel, y se generó las curvas de nivel, las principales cada 50 metros y las secundarias cada 5 metros. Una vez procesada toda la información se obtuvo un mapa topográfico del sector a escala 1: 5000.

Ya diseñado el mapa topográfico se procedió con el levantamiento geológico-estructural, en base a las ortofotos, mediante fotointerpretación se procedió a la identificación de estructuras geológicas significativas y definición de contactos, considerando los fundamentos teóricos de la tercera edición del Manual de Fotogeología de (López Vergara, 1988) y del libro Fotogeología Práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia de (Narango, 2015).

Esto se lo analizó mediante los siguientes factores:

- **Morfología:** Se analizó a partir de la información del Mapa Geomorfológico Nacional a escala 1:25 000, elaborado por el MAGAP en el año 2013.
- **Red de drenaje:** el análisis se lo realizo a partir de los patrones de drenaje, densidad y uniformidad de los mismos.
- **Tono y vegetación:** se desarrolló con las ortofotos, mediante la visualización de la intensidad de grises por causa de la vegetación o por humedad del terreno.
- **Topografía:** Realizado a partir del levantamiento topográfico de la zona de estudio.

Una vez que se realizó el análisis de la litología, las estructuras y los contactos se hizo la corroboración en campo, mediante la descripción de 30 afloramientos, cuya información quedó plasmada en fichas de afloramientos como se observa en la Tabla 3 en donde los datos se presentan en función de la ubicación geográfica, localización (coordenadas WGS-84, Zona 17S), tipo de afloramiento, dimensiones, tipo de material, estado de afloramiento, estructura, humedad y su descripción litológica, así mismos datos estructurales como rumbo, azimut y buzamiento de las unidades geológicas, contactos, fallas, diaclasas y pliegues que existieron dentro del área de estudio.

**Tabla 3.** Ficha de descripción de afloramiento

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS					Nº
<b>Ubicación Geográfica</b>					
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja	
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	X	
				Y	
<b>Tipo de Afloramiento</b>			<b>Dimensiones</b>		
<b>Natural</b>			<b>Ancho del afloramiento</b>		
<b>Antrópico</b>			<b>Alto del afloramiento</b>		
<b>Tipo de material</b>					
<b>Ambiente</b>	Ígneo		Metamórfico		Sedimentario
<b>A</b>		Alto	Medio	Bajo	
<b>Datos estructurales</b>		<b>Rumbo</b>		<b>Buzamiento</b>	
<b>Características</b>					
<b>Unidad</b>		<b>Estructura</b>		<b>Humedad</b>	
<b>Descripción litológica</b>					
<b>Fotografía</b>					

✓ **Pendientes**

A partir de la base topográfica y la delimitación del área de estudio, se creó un TIN (Red de Triangulación Regular), y se generó un DEM (Modelo de Elevación Digital), como resultado se obtiene un modelo de pendiente que se reclasificó en base a la metodología de Demek (1972), como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Clasificación de pendientes

Color	Clase	Rango (°)
	Ligeramente inclinado	0°-5°
	Fuertemente inclinado	5°-15°
	Muy inclinado	15°-35°
	Empinado	35°-55°
	Vertical	>55°

**Nota:** (Demek, 1972)

✓ **Geomorfología**

En base a la topografía, las pendientes y la escala de trabajo, se caracterizó la geomorfología en categoría mesorelieve, ya que según el Ministerio del Ambiente (2013) propone el modelo de Unidades Geomorfológicas que expone categorías de Relieve General, Macrorelieve y Mesorelieve, como se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Modelo de Unidades Geomorfológicas

Categoría	Características
Relieve General	Es de escala regional, está constituida por unidades con similitud de génesis, litología y estructuras.
Macrorelieve	Es de escalas entre 10-200 km, está constituida por relaciones de relieve como geo genético, litológico y topográfico
Mesorelieve	Es de escalas locales entre 1-10km, constituido por uno o más atributos morfométricos, litológicos y estructurales.

**Nota:** (Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.9 Metodología para el segundo objetivo**

“Caracterizar petrográficamente a nivel macroscópico las litologías encontradas en la zona de estudio”

Para el cumplimiento de este objetivo se extrajo 6 muestras de roca representativas insitu.

Las muestras de roca fueron recolectadas en fundas herméticas, con su respectiva codificación y etiquetado. Con datos informativos: código, lugar, fecha y coordenadas de ubicación. Para luego ser llevadas al laboratorio para el análisis e identificaciones de las mismas.

Este análisis se realizó en el laboratorio de Petrografía de la Universidad Nacional de Loja en el que para la identificación de cada una de las rocas se utilizó la clasificación de Tarbuck y Lutgens (2005).

Para las rocas ígneas se tomó en consideración la composición mineral, color y textura, como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11.** Clasificación de rocas ígneas según su composición mineral y su textura.

Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios		Anfibol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfibol Olivino	Plagioclasa rica en calcio	
T E X T U R A	Fanerítica (grano grueso)	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita	
	Afanítica (grano fino)	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)	
	Porfídica	«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables				
	Vitrea	Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)				Poco comunes
	Piroclástica (fragmentaria)	Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)				
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%	

**Nota:** (Tarbuck y Lutgens, 2005)

Para las rocas sedimentarias detríticas se tomó en consideración el tamaño de grano, como se muestra en la Figura 12.

**Figura 12.** Clasificación de rocas sedimentarias detríticas

Rocas sedimentarias detríticas			
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Grueso (más de 2mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado
		Grava (clastos angulosos)	Brecha
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita

**Nota:** (Tarbuck y Lutgens, 2005)

Para las rocas metamórficas se tomó en consideración la textura, foliación y el tamaño de los granos como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13. Clasificación de rocas metamórficas**

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 rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Plocada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomita
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Comeana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita	Foliada	Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla	Foliada	Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

**Nota:** (Tarbuck y Lutgens, 2005)

Para el análisis e identificación de cada una de las muestras de rocas se procedió al llenado de información en las fichas de descripción macroscópica, con datos que se muestran a continuación en la Tabla 6.

**Tabla 6. Ficha para descripción macroscópica de muestras de roca**

Ficha de descripción Macroscópica de Muestras de Roca			
Localización (Coordenadas UTM)	X	Y	Z
Afloramiento N°		Muestra N°	
Descripción Petrográfica		Contenidos de Minerales	
Color		Minerales principales	
Textura			
Estructura			
Tamaño de Grano		Minerales accesorios	
Nombre de Roca			
Tipo de Roca			
Grado de meteorización	Alto		
	Medio		
	Bajo		
Fotografía			



## **5.10 Metodología para el tercer objetivo**

“Generar el mapa geológico-estructural escala 1:5000 en base a los datos obtenidos en campo”

Una vez levantada toda la información de la zona de estudio se procedió a la realización del mapa geológico estructural escala 1:5000 de acuerdo a los datos obtenidos en campo.

Se agrupo el mapa topográfico, las unidades y las estructuras geológicas.

A continuación, utilizando ArcGis 10.5 se importan los puntos de muestreo de campo, se digitalizan polígonos, puntos y líneas que representen las litologías y estructuras geológicas.

Seguidamente se dio coloración y se puso tramados a cada una de las litologías, esto se realizó en base a lo propuesto por el IIGE (2019) de los Estándares de Nomenclatura Estratigráfica, Simbolización y Abreviaturas para la Cartografía Geológica.

Se obtuvo un mapa geológico estructural a escala 1:5000 y a su vez se elaboró un corte geológico con la finalidad de conocer la disposición de las unidades geológicas en profundidad y la influencia de las estructuras geológicas sobre ellas, considerando el libro Mapas Geológicos Explicación e Interpretación de Martínez - Álvarez (1981).

## 6. Resultados

### 6.1 Topografía

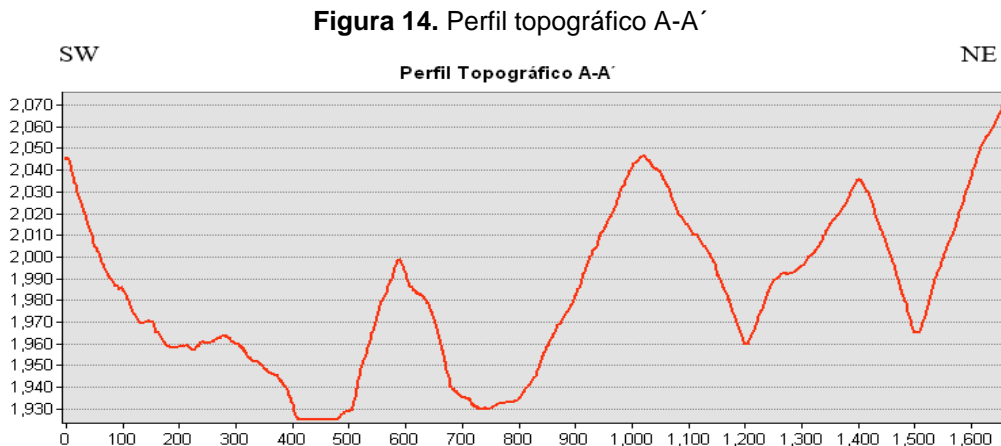
El levantamiento topográfico desarrollado en la vía antigua Loja-Cuenca, entre las abscisas, km 6+000 sector Sevilla de Oro hasta 10+500 del sector Solamar, del Cantón y Provincia de Loja, consta de 4,5 km de longitud de vía por 200m de faja de forma continua obteniendo un total de  $1,76\text{km}^2$  de área de trabajo.

Las cotas mínimas varían entre los 1950 m.s.n.m y las elevaciones más prominentes están entre los 2100 m.s.n.m. dando un desnivel de terreno de 150m.

El mapa topográfico fue realizado con un Datum WGS 84 UTM Zona 17S. (Ver Anexo 3).

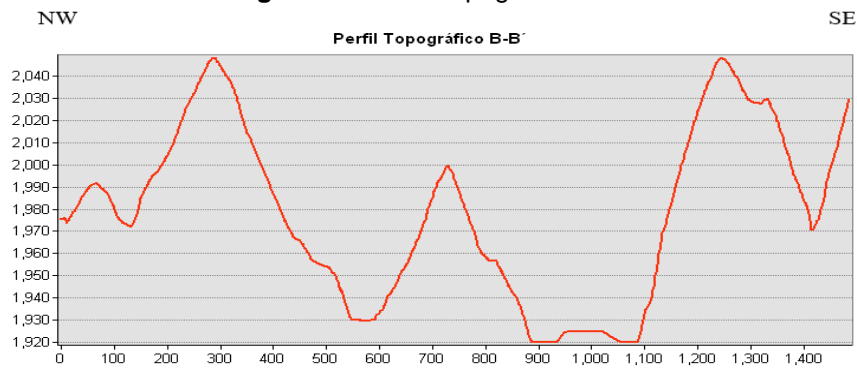
Para tener una información más detallada y hacer una mejor interpretación de la topográfica se realizó 3 perfiles topográficos.

El primer corte A-A' tiene una dirección SW-NE, posee una longitud aproximada de 1850m donde se reflejan las cotas de mayor elevación de 2075 m.s.n.m y de menor elevación de 1925 m.s.n.m, como se muestra en la Figura 14.



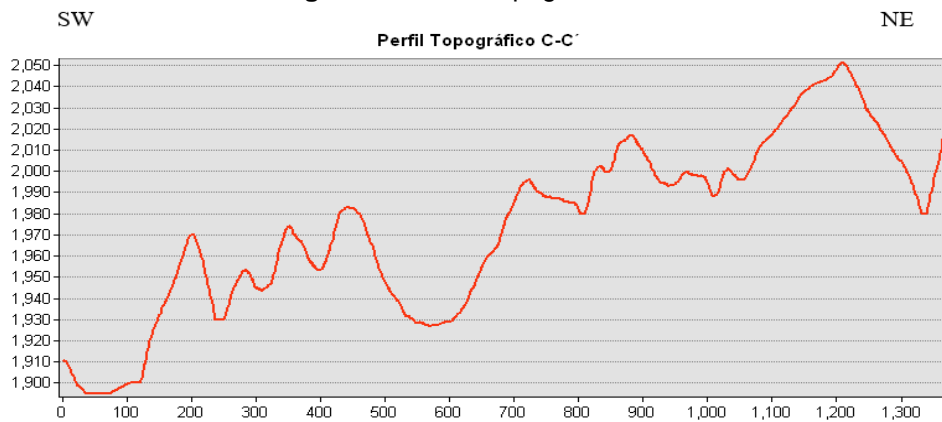
El segundo corte B-B' tiene una dirección NW-SE, posee una longitud aproximada de 1489m donde se reflejan las cotas de mayor elevación de 2045 m.s.n.m y de menor elevación de 1920 m.s.n.m, como se muestra en la Figura 15.

**Figura 15. Perfil Topográfico B-B´**



El tercer y último corte que corresponde al corte C-C´, tiene una dirección SW-NE posee una longitud aproximada de 1375m donde se reflejan las cotas de mayor elevación de 2051 m.s.n.m y de menor elevación de 1890 m.s.n.m, como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16. Perfil Topográfico C-C´**



## 6.2 Pendientes

Se realizó el mapa de pendientes en el software ArcGis 10.5 y empleando la clasificación de DEMEK (1972), obtuvimos un total de 4 clases de pendientes presentadas a continuación Tabla 7:

**Tabla 7. Clasificación de pendientes del área de estudio**

Color	Clase	Rango (°)	Área (Ha)	Porcentaje
	Ligeramente inclinada	0°-5°	10.03	5.68
	Fuertemente inclinada	5°-15°	14.88	8.42
	Muy inclinada	15°-35°	72.66	41.14
	Empinada	35°-55°	79.01	44.74

Se puede identificar que las pendientes de tipo empinadas que poseen rangos de 35 y 55° son las que ocupan mayor extensión en el área de estudio que corresponde a 79.01 Ha, representando un total del 44.74% del área total, como se muestra en la Tabla 3, representadas de color naranja, (Ver Anexo 4).

### 6.3 Geomorfología

El área de estudio ubicado en el sector Sevilla de Oro hasta Solamar, por la vía antigua Loja-Cuenca se puede clasificar 5 formas del relieve, como se observa en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Unidades geomorfológicas del área de estudio

Descripción		Área (Ha)	Porcentaje (%)
Relieve montañoso	RM	32.23	18.23
Relieve colinado muy alto	RCMA	79.97	45.24
Relieve colinado medio	RCM	27.98	15.83
Relieve colinado bajo	RCB	9.10	5.15
Terraza media	TM	27.48	15.55

#### 6.3.1 Relieve montañoso (RM)

Estos relieves están caracterizados por tener pendientes de 35-55%, esta geofoma se encuentra cubriendo el 32.23 Ha es decir el 18.23%.

**Figura 17.** Relieve montañoso



### **6.3.2 *Relieve colinado muy alto (RCMA)***

Esta unidad geomorfológica ocupa la mayor parte del área de estudio, representando 79.97 Ha es decir el 45.24%, la principal característica de la misma en cuanto a la altura de sus elevaciones va de entre los 100m y poseen una pendiente de hasta 70°.

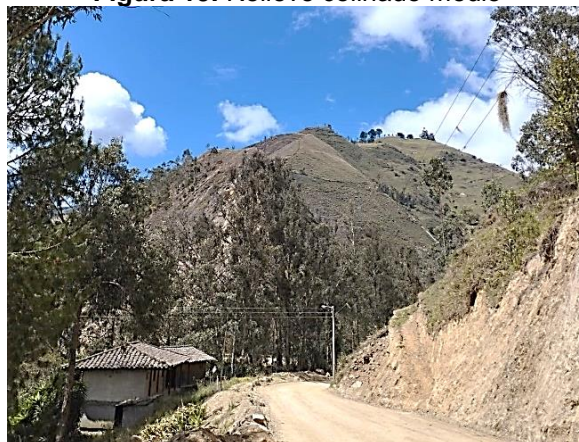
**Figura 18.** Relieve colinado muy alto



### **6.3.3 *Relieve colinado medio (RCM)***

El relieve colinado medio es una unidad que se encontró cubriendo 27.88Ha de la zona de estudio que representa el 15.92%, las pendientes de esta geoforma van desde los 5-15%, se caracterizan por tener una topografía ondulada generalmente.

**Figura 19.** Relieve colinado medio



#### **6.3.4 *Relieve colinado bajo (RCB)***

Esta forma de relieve es la que ocupa menor extensión en el área de estudio teniendo solo 9.10 Ha es decir 5.10%, se caracterizan por tener pendientes de 5-15% con una topografía suavemente ondulada.

**Figura 20.** Relieve colinado bajo



#### **6.3.5 *Terraza media (TM)***

Esta forma del relieve se la encuentra a lo largo del Rio Zamora, ocupa una extensión 27.48 Ha que corresponde al 15.54%, generalmente es plana y con pendiente pequeña que ha sido modelada por un río, sobre sus propios depósitos, y que está situada sobre el cauce mayor.

**Figura 21.** Terraza media



A continuación, se presenta la geomorfología de la zona de estudio en DATUM WGS 84, Zona 17S, (Ver Anexo 5).

## 6.4 Geología

### 6.4.1 Geología Local

El levantamiento geológico o trabajo de campo se orientó a la descripción de los afloramientos y obtención de datos estructurales, con el fin de obtener la secuencia de la depositación y deformaciones de las diferentes formaciones.

En el área de estudio se hizo el levantamiento de 30 afloramientos por vías y camino accesibles, mismos que se presentan a continuación en Tabla 9.

**Tabla 9.** Puntos levantamiento de afloramientos

<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
1	697681	9572855	2054
2	697771	9572578	2021
3	697752	9572396	2000
4	697749	9572245	1997
5	697697	9572194	1985
6	697595	9572159	1983
7	697547	9572117	1983
8	697567	9572110	1983
9	697532	9571894	1983
10	697546	9571932	1946
11	697648	9571998	1946
12	697548	9571827	1963
14	697487	9571759	1958
15	697557	9571602	1932
16	697271	9571266	1932
17	697291	9571220	1943
18	697244	9571184	1932
19	697325	9571152	1944
20	697148	9570919	1935
21	697159	9570844	1940
22	697176	9570896	1940
23	697156	9570570	1920
24	697158	9570288	1930
25	697007	9569988	1957
26	696959	9569940	1942
27	697135	9569665	1958
28	696966	9569713	1983
29	696686	9569180	1991
30	696680	9569250	1969

A continuación, se describe las unidades geológicas encontradas en el área de estudio.

### 6.4.1.1 Unidad Agoyán

#### 6.4.1.1.1 Pizarras

El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697697 Y=9572194, Z=1985, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.

Figura 22. Afloramiento de Pizarras



Litológicamente está constituido de rocas metamórficas de tipo pizarras, con estructura masiva, con granos finos y textura afanítica. Posee un color gris oscuro, no contiene grados de meteorización, las capas están distribuidas de manera inclinada, presenta una dirección de buzamiento de 70°SE.

Consta de un ancho de 18.80m y una altura de 12.20m.

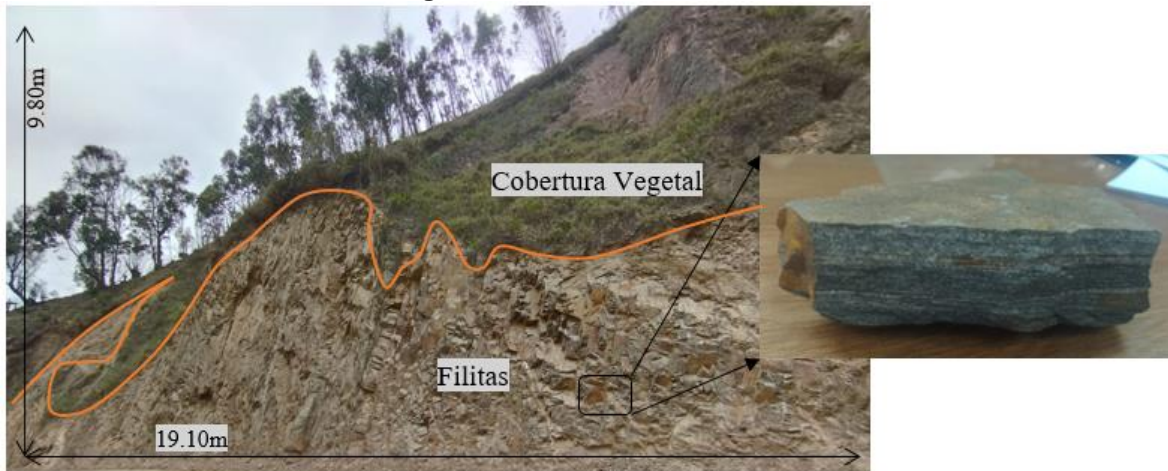
La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 0.90m

#### 6.4.1.1.2 Filitas

El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697148, Y=9570919, Z=1935, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.



**Figura 23. Afloramiento de Filitas**



Litológicamente está constituido de rocas metamórficas de tipo filitas, con estructura masiva, con granos finos y textura fanerítica. Posee un color gris oscuro, no contiene grados de meteorización.

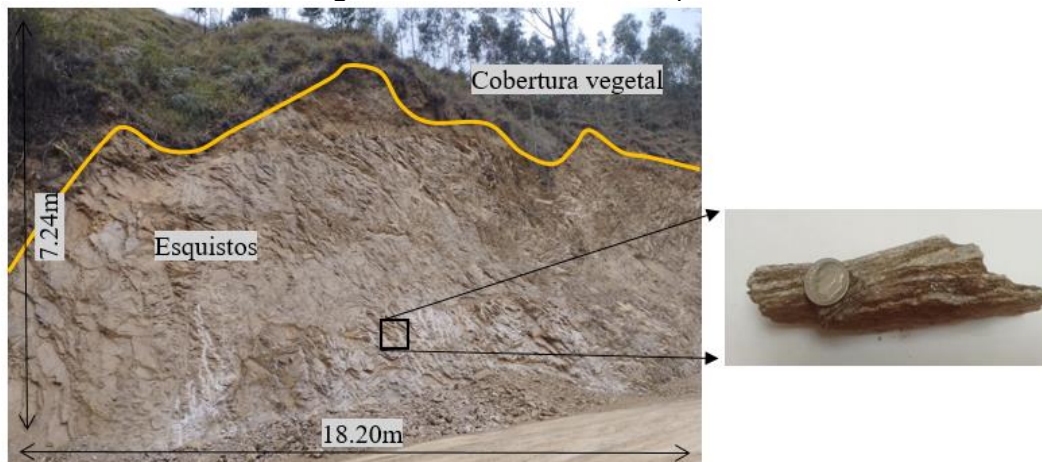
Consta de un ancho de 19.10m y una altura de 9.80m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 0.90m

#### **6.4.1.1.3 Esquistos**

El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697547, Y=9572117, Z=1983, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca

**Figura 24. Afloramiento de Esquistos**



Litológicamente está constituido por esquistos ya que poseen una textura fanerítica o de grano grueso, los minerales son visibles, y posee bandeados intercalados de minerales de cuarzo, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán.

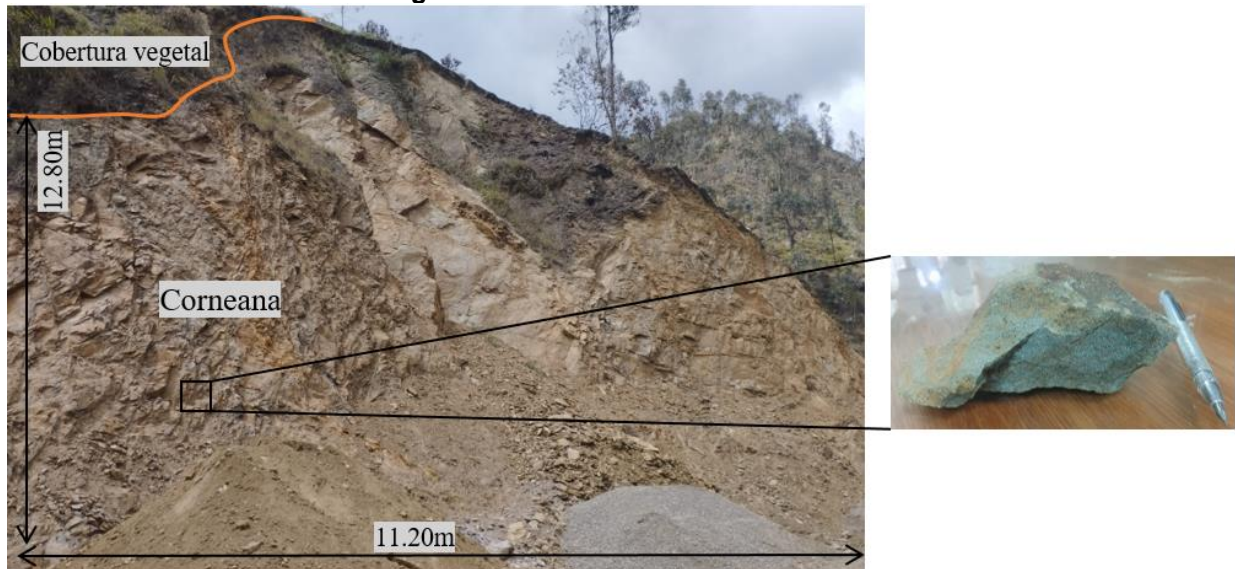
Consta de un ancho de 18.20m y una altura de 7.24m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 0.70m

#### **6.4.1.1.4 Corneana**

El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X: 696686, Y: 9569180, Z: 1969, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.

**Figura 25.** Afloramiento de corneanas



Litológicamente está constituido por rocas metamórficas corneanas, poseen una textura de grano fino, no foliada, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán.

Consta de un ancho de 11.20m y una altura de 12.80m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 0.50m

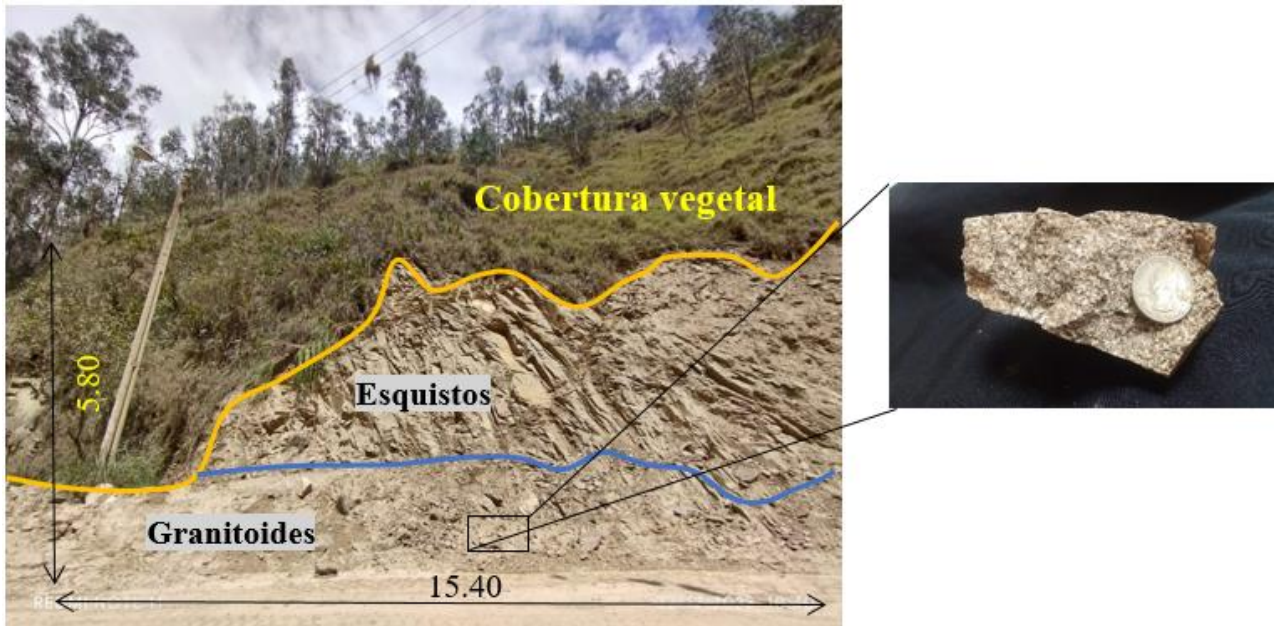
#### **6.4.1.2 Tres Lagunas**

##### **6.4.1.2.1 Granitoides (Granodiorita)**

El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697681, Y=9572855, Z=2054, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.

Litológicamente está constituido por esquistos de color gris claro, que poseen una textura afanítica o de grano grueso, se puede evidenciar un contacto entre la Unidad Agoyán que posee material esquistos, y granitoides de tipo granodiorita de la Unidad Tres Lagunas.

**Figura 26.** Esquistos Unidad Agoyán y Granitoides (Granodiorita) Unidad Tres Lagunas

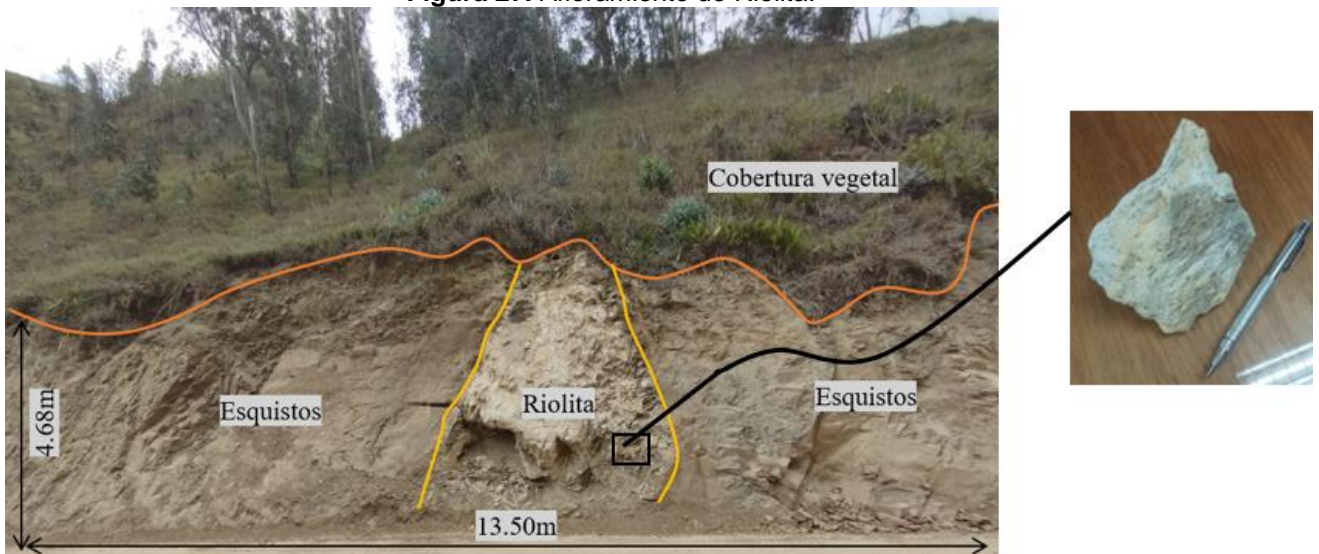


Posee un ancho de 15.40m y una altura de 5.80m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 1.5m.

#### 6.4.1.2.2 Riolita

**Figura 27.** Afloramiento de Riolita.



El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X: 697158, Y: 9570288, Z: 1930, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca, se evidencio una intrusión.

Litológicamente está constituido por los flancos por esquistos ya que poseen una textura fanerítica o de grano grueso, los minerales son visibles, y posee bandeados intercalados de minerales de cuarzo, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán, y un intrusiva de riolita, posee el tamaño de grano fino con textura afanítica, este material pertenece a la Unidad Tres Lagunas.

Consta de un ancho de 13.50m y una altura de 4.68m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 1.5m

#### 6.4.1.3 Depósitos Coluviales

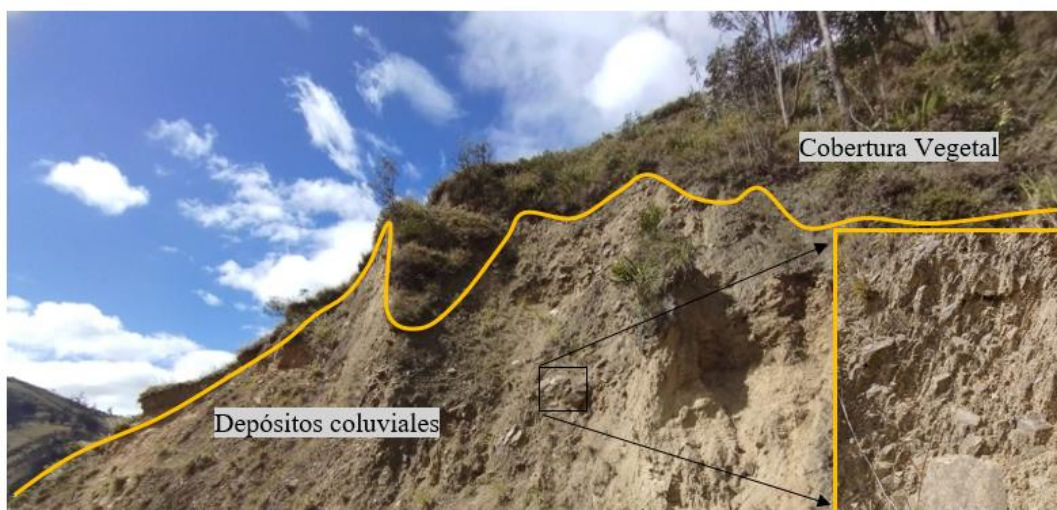
El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697771, Y=9572578, Z=2021, de origen antrópico, que se encuentra en el sector de Solamar.

Litológicamente está constituido por arenisca de coloración café claro, con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas.

Posee un ancho de 16.10m y una altura de 6.80m.

La vegetación es de tipo herbácea y arbustiva con una cobertura vegetal de 0.80m

**Figura 28.** Depósitos coluviales



#### 6.4.1.4 Depósitos Aluviales

Los depósitos aluviales se caracterizan por ser material poco consolidado, con cantos y bloques de rocas generalmente metamórficos y volcánicos, estos depósitos se localizan en márgenes de ríos y de drenajes como es en el Rio Zamora, las Quebrada Sevilla y Lucero.

**Figura 29.** Depósitos aluviales

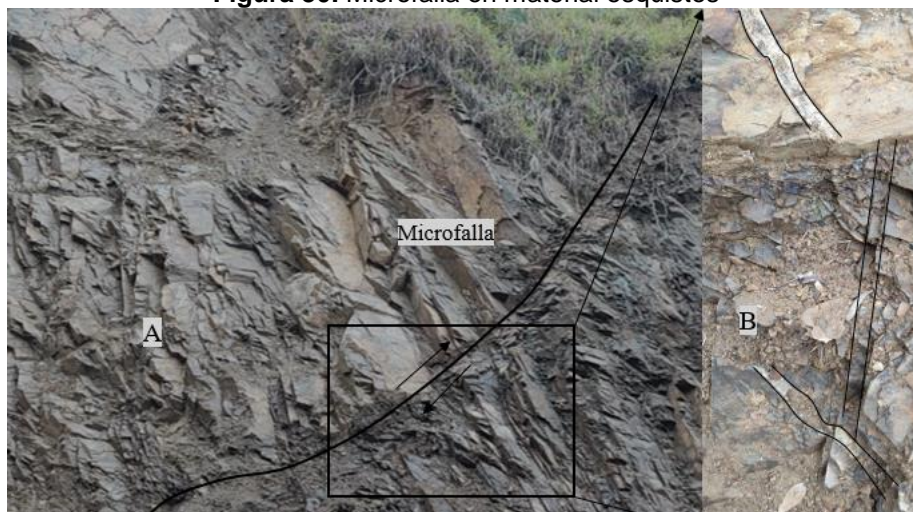


#### 6.4.2 Estructuras

- ✓ Microfallas en esquistos

En la presente figura se presenta la ubicación de una microfalla observada (A) con rumbo N20°E, buzando 75° hacia el SE que atraviesa el macizo rocoso conformado por esquistos ubicado en las coordenadas UTM X=697681, Y=9572855, Z=2054.

**Figura 30.** Microfalla en material esquistos



En la zona (B) se puede observar el desplazamiento que existe de la vetilla de cuarzo, cabe mencionar que es una zona altamente meteorizada, donde ocurrieron esfuerzos que provocaron la deformación de todo el macizo rocoso, lo cual ha provocado que la zona se siga rompiendo en distintos sentidos no manteniendo una uniformidad, ni un paralelismo dentro de las estructuras que fueron conformadas.

En la presente figura se presenta la ubicación de una microfalla observada con rumbo  $N20^{\circ}W$ , buzando  $80^{\circ}$  hacia el NE que atraviesa el macizo rocoso conformado por esquistos ubicado en las coordenadas UTM en X: 696686, Y: 9569180, Z: 1969.

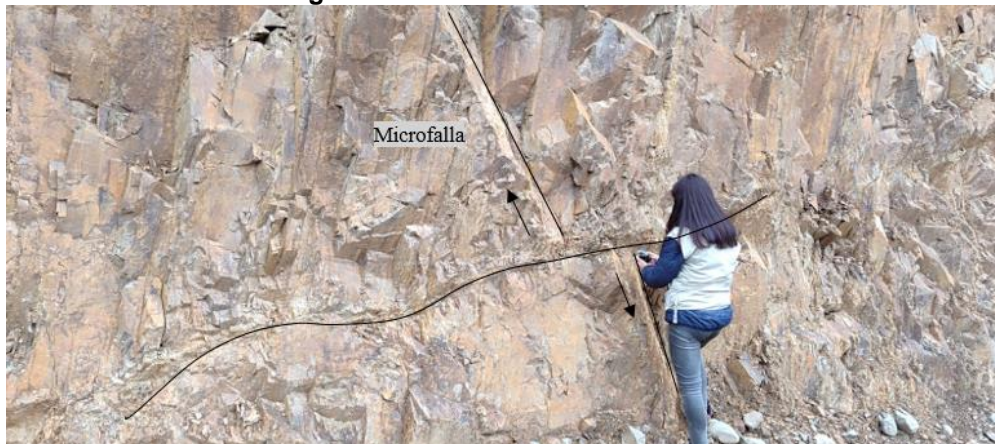
**Figura 31.** Microfallas en material esquistos



✓ Microfalla en filitas

En la presente figura se presenta la ubicación de una microfalla observada con rumbo  $N56^{\circ}W$ , buzando  $62^{\circ}$  hacia el SE que atraviesa el macizo rocoso conformado por filitas ubicado en las coordenadas UTM en X=697284, Y=9571285, Z=1962.

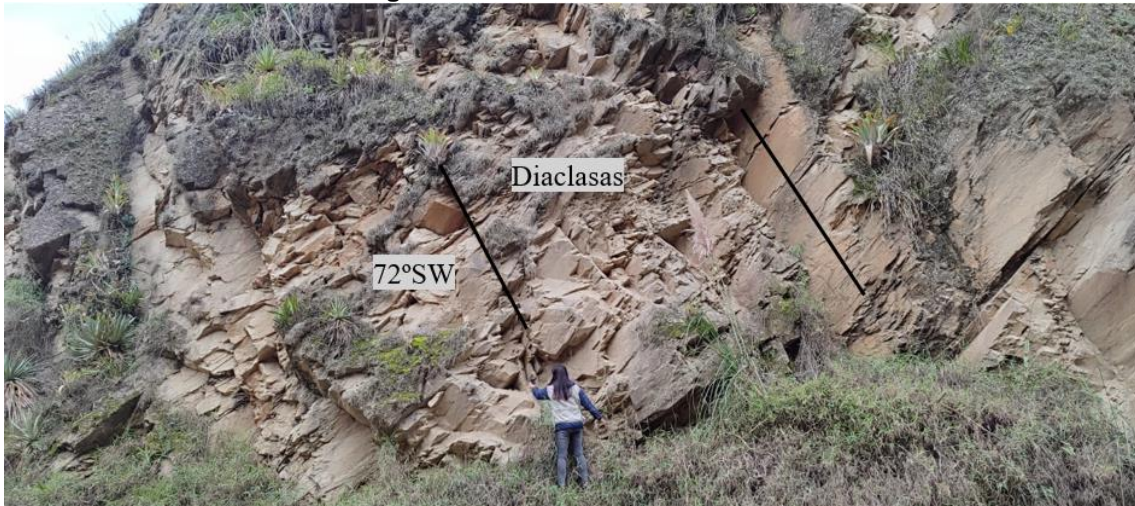
**Figura 32.** Microfalla en material filita



### 6.4.2.1 Diaclasas

Es bien conocido que las diaclasas es una rotura (fractura) de origen natural en una roca que tiene movimiento muy reducido entre ambos lados de la fractura, a continuación, se presentan algunos afloramientos donde se pudo evidenciar estas estructuras.

**Figura 33.** Diaclasas sub-verticales



El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697284, Y=9571285, Z=1962, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.

Litológicamente está conformado por rocas metamórficas con diaclasamientos bien desarrollados sub-verticales con la siguiente medida estructural  $346^{\circ}/72^{\circ}/SW$ .

**Figura 34.** Diaclasas verticales



El afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697284, Y=9571285, Z=1962, de origen antrópico, que se encuentra a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca.

Litológicamente está conformado por rocas metamórficas con diaclasamientos bien desarrollados verticales con medidas estructurales  $291^{\circ}/62^{\circ}/SE$ .

#### 6.4.2.2 Contactos

El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697681, Y=9572855, Z=2054, a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca, se halla un contacto observado entre esquistos y Granitoides (Granodiorita).

**Figura 35.** Contacto entre esquistos y granitoides



El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en X=697201, Y=9571014, Z=1962, a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca, se halla un contacto observado entre esquistos y los depósitos aluviales.

**Figura 36.** Contacto entre esquistos y depósitos aluviales





El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM en 697284, Y=9571285, Z=1962, a lo largo de la vía antigua Loja-Cuenca, se halla un contacto observado entre esquistos y filitas.

**Figura 37.** Contacto entre esquistos y Filitas



### **6.5 Caracterización e Identificación macroscópica de muestras de campo**

En el área de estudio se hizo la recolección de 11 muestras representativas que fueron analizadas e identificadas en el laboratorio de petrografía de la Universidad Nacional de Loja. Obteniendo los siguientes resultados:

- **Rocas Ígneas**
- **Granodiorita**

La muestra se recogió en las coordenadas X: 697681 Y:9572855 Z:2054, en el afloramiento N° 1, con numero de muestra N°1.

**Figura 38.** Análisis macroscópico M001



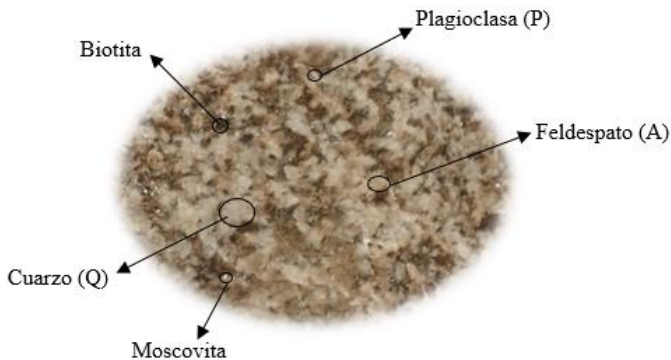
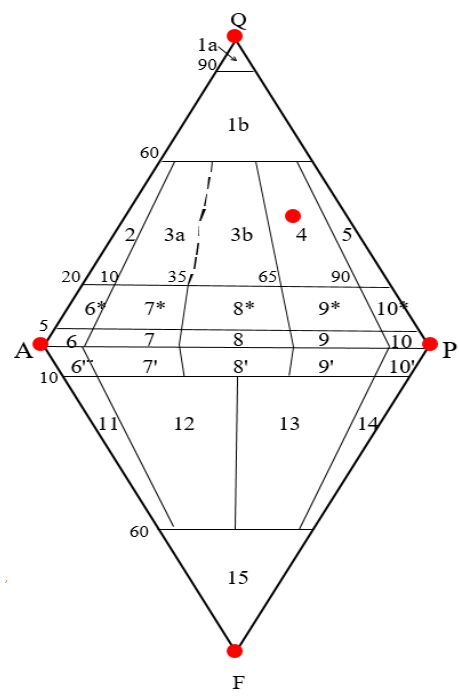
Se identificó como una granodiorita que posee el tamaño de grano grueso con textura fanerítica, con minerales principales de cuarzo (43%), feldespato (15%) y plagioclasas (46%) y finalmente con minerales accesorios como la biotita (7%) y la moscovita (5%), posee un color gris con tonalidades de color blanco y negro, tiene un alto grado de meteorización. (Ver Anexo 2).

Es una roca ígnea plutónica, que se formó mediante un enfriamiento lento debajo de la superficie de la Tierra, por tanto, se puede observar cristales de cierto tamaño, el nombre de la roca se lo determina ya que es una roca intermedia entre el granito y diorita.

Las micas se las puede observar en cristales hexagonales muy bien formadas y la horblenda aparece en forma de agujas. En menor cantidad posee minerales de óxido, como la magnetita e ilmenita.

En base al porcentaje de los minerales que posee se determinó el nombre de la roca, aplicando el Diagrama de Streckeisen. Como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Análisis petrográfico macroscópico de granodiorita

Campo	4
Nombre	Granodiorita
Registro fotográfico	
	

**Nota:** Elaborado por Autora (2024)

- **Riolita**

La muestra se recogió en las coordenadas X: 697158 Y: 9570288 Z: 1930, en el afloramiento N° 24, con numero de muestra 8.

**Figura 39.** Análisis macroscópico M008



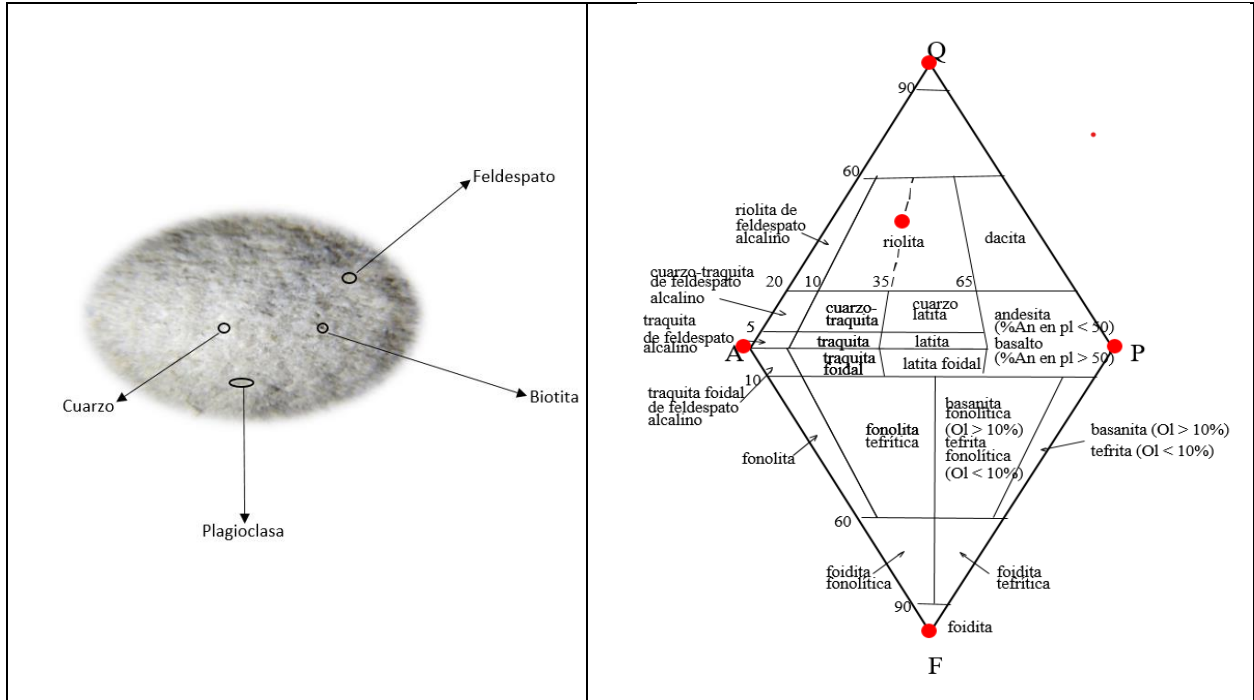
Se identificó como una riolita que posee el tamaño de grano fino con textura afanítica, con minerales principales de cuarzo (58%), feldespato (14%), plagioclasas (9%) y finalmente con minerales accesorios como la biotita (15%) y anfíbol (16%), posee un color grisáceo con tonalidades negras, tiene un grado de meteorización medio (Ver Anexo 2).

Es una roca ígnea extrusiva o volcánica que tiene un alto porcentaje de sílice, sus minerales son difíciles de observar a simple vista. Este tipo de rocas generalmente se forman por el magma ácido que se ha enfriado parcialmente en el subsuelo, de una manera rápida.

En base al porcentaje de los minerales que posee se determinó el nombre de la roca, aplicando el Diagrama de Streckeisen. Como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Análisis petrográfico macroscópico de riolita

Nombre	Riolita
Registro fotográfico	



**Nota:** Elaborado por Autora (2024)

- **Rocas Metamórficas**
- **Pizarras**

La muestra se recogió en las coordenadas X: 697697 Y: 9572194 Z: 1985, en el afloramiento Nº 5, con numero de muestra 3.

**Figura 40.** Análisis macroscópico M003



En base a la clasificación de Tarbuck y Lutgens (2005), se determinó el nombre de la roca bajo las siguientes características como se observa en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Clasificación para rocas metamórficas (pizarra)

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

Se identificó como una pizarra que posee el tamaño de grano muy fino con textura foliada, y estructura pizarrosa con minerales principales de cuarzo, clorita y minerales accesorios como la moscovita, posee un color gris oscuro, tiene un bajo grado de meteorización (Ver Anexo 2).

Estas rocas generalmente se forman a partir de lutitas por metamorfismo regional de bajo grado generalmente se compone de minerales de arcilla o micáceos, dependiendo el grado de metamorfismo que sufrió, a un mayor grado de meteorización mayor contenido de micas.

En cuanto a la foliación, esta es causada por la orientación paralela de los minerales laminares de la roca, ya que al existir estas alineaciones paralelas la roca obtuvo la capacidad de romperse suavemente a lo largo de los planos de foliación.

Presenta una orientación muy marcada de sus minerales, con una foliación lepidoblástica, que se forma en rocas de tamaño de grano muy fino.

- **Filitas**

La muestra se recogió en las coordenadas X: 697148 Y: 9570919 Z: 1935, en el afloramiento N° 20, con número de muestra 4.

**Figura 41.** Análisis macroscópico M004



En base a la clasificación de Tarbuck y Lutgens (2005), se determinó el nombre de la roca bajo las siguientes características como se observa en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Clasificación para rocas metamórficas (filita)

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Aumentamiento del metamorfismo 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 rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado	No foliada	De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol		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 concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Se identificó como una filita que posee el tamaño de grano fino, textura foliada, y estructura laminar con minerales principales de cuarzo y minerales accesorios como moscovita, sericita y clorita, posee un color gris y un bajo grado de meteorización (Ver Anexo 2).

Es una roca foliada que se forma por metamorfismo regional, pero de medio grado, la cual ha sido sometida a bajos niveles de calor, presión y actividad química. Su precursor protolito es la pizarra.

En cuanto a su formación las rocas sedimentarias al estar enterradas a gran profundidad y al sufrir un aumento de presión y temperatura se realiza el movimiento de los granos de arcilla hacia una alineación paralela, y se produce la transformación de los minerales de arcilla en un mineral micáceo, provocando que estos minerales se agranden y del lugar a la formación de una filita.

Sus minerales principales son los minerales micáceos que se presentan en forma de escamas o alineaciones paralelas. Este tipo de alineación permite que la roca se divida fácilmente en láminas.

- **Esquistos**

La muestra se recogió en las coordenadas X: 697547 Y: 9572117 Z: 1983, en el afloramiento N° 7, con numero de muestra 7.

**Figura 42.** Análisis macroscópico M007



En base a la clasificación de Tarbuck y Lutgens (2005), se determinó el nombre de la roca bajo las siguientes características como se observa en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Clasificación de rocas metamórficas (esquistos)

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 rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado	No foliada	De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol		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 concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla	No foliada	Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Se identificó como un esquisto que posee el tamaño de grano medio a grueso con textura foliada, y estructura esquistosa, sus minerales principales son el cuarzo, feldespato, plagioclasas, y minerales accesorios como la biotita, moscovita, clorita, posee un color verdoso, tiene un bajo grado de meteorización (Ver Anexo 2).

Es una roca foliada muy común, que generalmente está constituida por granos minerales visibles a simple vista, se asocia a un metamorfismo regional de alto grado, su génesis está dada por un tipo de roca lutita que primeramente pasara a ser pizarra, seguidamente filita y finalmente siguiendo con el proceso de transformación da lugar a un esquisto.

Su textura permite que la roca se rompa en placas delgadas en función de la alineación de los granos minerales laminados.

- **Corneana**
- 

La muestra se recogió en las coordenadas X: 6976686 Y: 95769180 Z: 1991, en el afloramiento N° 29, con numero de muestra 10.



**Figura 43.** Análisis macroscópico M010



En base a la clasificación de Tarbuck y Lutgens (2005), se determinó el nombre de la roca bajo las siguientes características como se observa en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Clasificación de rocas metamórficas (corneana)

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 rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeadada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado	No foliada	De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol		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 concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla	Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca	

Se identificó como corneana ya que posee el tamaño de grano fino, textura no foliada, estructura masiva, con minerales principales de cuarzo y minerales accesorios como sericita y clorita, posee un color gris claro, tiene un medio grado de meteorización (Ver Anexo 2).

Es una roca que se forma por metamorfismo de contacto, las cuales se desarrollan en una zona metamórfica.

## **6.6 Mapa geológico-Estructural**

El levantamiento geológico-estructural desarrollado en la vía antigua Loja-Cuenca, entre las abscisas, km 6+000 sector Sevilla de Oro hasta 10+500 del sector Solamar, del Cantón y Provincia de Loja.

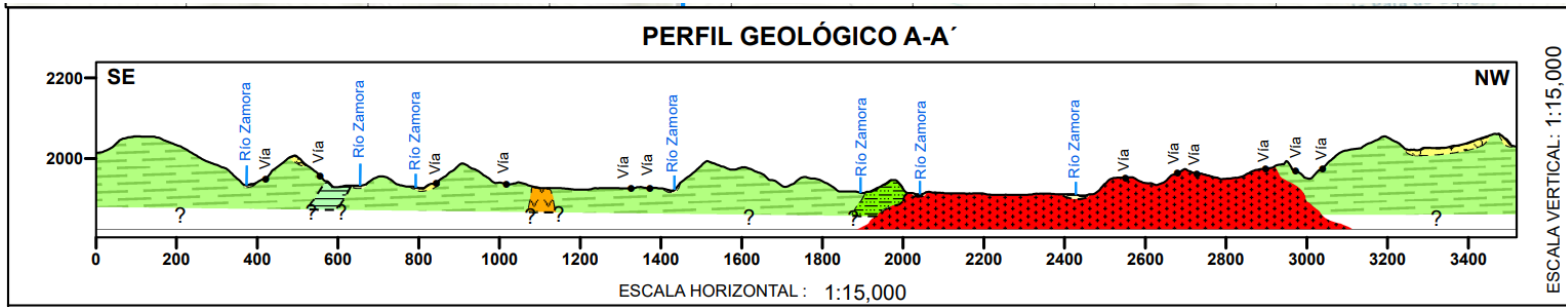
En el tramo de vía se identificaron diferentes litológicas, esquistos los cuales cubren la mayor extensión del área de estudio con un  $1.15Km^2$  (63.19%), seguido de pizarras que ocupan una superficie de  $0.03Km^2$  (1.45%), filitas cubren el  $0.02Km^2$  (1.08%), y corneanas que se extienden un área de  $0.005Km^2$  (0.31%), granodioritas que ocupan el  $0.39Km^2$  es decir un 21.66% y riolita cubre el  $0.002Km^2$  (0.11%). Además, se encontraron depósitos cuaternarios de tipo coluviales que se extienden  $0.07Km^2$  (3.84%) y aluviales  $0.15Km^2$  (8.32%) que se encontraron en el río Zamora.

En cuanto al marco estructural en el área de estudio se encontraron dos familias de diaclasas sistemáticas de tipo subverticales con dirección SW ( $346^{\circ}/72^{\circ}/SW$ ); y verticales con dirección SE ( $291^{\circ}/62^{\circ}/SE$ ) respectivamente.

También se pudo observar en el área de estudio tres contactos litológicos entre esquistos y granodioritas localizado en las coordenadas UTM (X=697681, Y=9572855); y entre depósitos coluviales y esquistos localizado en coordenadas UTM (X=697201, Y=9571014); finalmente el contacto entre esquistos y filitas localizado coordenadas UTM (697284, Y=9571285). (Ver Mapa geológico-estructural en Anexo 6).

Una vez realizado el mapa se procedió hacer un perfil geológico, como se muestra en la Figura 44.

Figura 44. Perfil Geológico Estructural A-A´



El corte geológico A-A' posee una dirección SE-NW, se lo realizó considerando la mayor cantidad de litológicas y estructuras geológicas de la zona de estudio. Este perfil fue realizado con la finalidad de comprender mejor la historia geológica de las litologías que se encontró en el área de estudio. Se evidencia por un rango superficial que va desde los 1800-2000 m.s.n.m.

En cuanto a la zona de estudio desde el punto A, localizado al SE del área de estudio, su composición litológica está distribuida por rocas metamórficas, el basamento está constituido por una intercalación entre pizarras, filitas y esquistos, en el cual las pizarras suprayacen a las filitas, y los esquistos suprayacen a las filitas, estos materiales litológicos según la carta geológica Loja (2017), pertenecen a la Unidad Agoyán, en la parte central existe una intrusión de roca ígnea extrusiva de riolita hipobisal, seguidamente se encuentra en el punto A', al NW un contacto observado entre esquistos y un intrusivo de granodioritas, estas litológicas atraviesan contactos inferidos entre materiales de depósitos coluviales y aluviales que se encuentran en el río Zamora.

## 7. Discusión

El presente Levantamiento geológico-estructural de la vía antigua Loja-Cuenca comprende el tramo desde la abscisa km 6+000 hasta km 10+500 perteneciente al barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja. Abarca una superficie de 1,76 Km<sup>2</sup>, el cual se desarrolló con la finalidad de tener un mejor conocimiento de las características litológicas y estructurales.

El área de estudio se encuentra asentada sobre la Unidad Agoyán, que según Litherland et al., (1994), está formada por esquistos pelíticos y paragneis, que afloran especialmente al norte de la cordillera, con pequeñas ocurrencias al norte de Loja. Los contactos con las unidades adyacentes se consideran tectónicos, y es ampliamente asociada con el granito de la Unidad Tres Lagunas, que en base a la investigación desarrollada por Abad (2006), es la principal unidad ígnea del cantón Loja, que está constituida de monzogranitos y granodioritas de tamaño de grano medio a grueso, asociadas con rocas meta sedimentarias de Chigüinda y Agoyán. Esta información se contrasta con los resultados obtenidos en cuanto a la unidad Agoyán que está constituida por rocas metamórficas pizarras, filitas, corneana y esquistos y la Unidad Tres Lagunas por Granitoides de tipo granodioritas, así mismo el contacto observado en campo entre las dos unidades.

Por otro lado los diversos levantamientos geológicos realizados por parte del Instituto de Investigación Geológico y Energético (2017), evidencian afloramientos de rocas masivas de tamaños de grano medio a grueso, litológicamente comprende gneises ligeramente foliados compuestos principalmente por cuarzo, plagioclasas sódica, feldespato alcalino, biotita y moscovita, y granodioritas que presentan megacristales de feldespato alcalino y cristales de cuarzo azul de hasta 14 cm, lo cual contrasta con la información encontrada en el área de estudio, puesto que mediante el análisis macroscópico se determinó que existen esquistos de grano medio a grueso constituidos por cuarzo, feldespato, plagioclasas, biotita, moscovita, clorita así como granodiorita de grano medio a grueso, mineralógicamente compuestos por cuarzo, feldespato, plagioclasas, moscovita y biotita.

A más de ello en el estudio desarrollado por Samaniego (2010), establece que las rocas metamórficas están constituidas principalmente por minerales de cuarzo y moscovita, acorde a lo citado, los resultados obtenidos concuerdan puesto que mediante el análisis macroscópico se determinó que las litologías encontradas de pizarra, filitas y corneana, están constituidas por minerales de cuarzo, sericita, moscovita y clorita.

En el marco estructural según la carta geológica Loja 2017, Hoja 56, escala 1: 100 000, define la presencia de una falla inversa regional, con dirección NE-SW, que ponen en contacto las grandes unidades Agoyán (Paleozoico) y Tres Lagunas (Triásico), originada por procesos transpresionales, que controla la formación y desarrollo de la cuenca sedimentaria de Loja, la cual, no se pudo evidenciar algún indicio de dicha falla en campo. Sin embargo, en la zona de estudio se encontró la presencia de microfallas, asociadas a desplazamientos transpresivos de deformación, en el sector Solamar al NE de la zona de estudio se identificaron dos microfallas, encontradas en un talud conformado por esquistos, con dirección NE-SE y en el sector Sevilla de Oro, al SE, se identificó una microfalla en un talud de filita con dirección SE.

Otras estructuras representativas que se pudo encontrar en la zona de estudio son dos familias de diaclasas, al SW de la zona de estudio, cerca del barrio Solamar se identificaron diaclasas subverticales y en el SE, en el barrio Sevilla de Oro se encontraron diaclasas verticales, con elementos estructurales  $346^{\circ}/72^{\circ}/\text{SW}$  -  $291^{\circ}/62^{\circ}/\text{SE}$  respectivamente.

Por último, una vez recopilada toda la información; observado, analizado y corroborado todos estos datos en campo, se procedió a la elaboración del mapa geológico-estructural escala 1:5 000, con el propósito de obtener una mejor visualización de las características litológicas, estructurales y topográficas del tramo de vía Loja-Cuenca de las abscisas km 6+000 hasta 10+500.

## 8. Conclusiones

- Topográficamente la zona de estudio comprende cotas que van desde 1950 hasta 2100 m.s.n.m, su relieve es irregular y en los cortes topográficos se evidencia el desnivel de 150 m.
- Del análisis macroscópico de las muestras de roca se definió los minerales que componen las granodioritas sus minerales principales cuarzo, feldespato, plagioclasas, moscovita y biotita; y los minerales que componen las rocas metamórficas pizarra, filita, corneana y esquistos son cuarzo, moscovita, sericita y clorita.
- Del levantamiento geológico realizado a escala 1: 5 000 se concluye que el área de estudio está compuesta por la Unidad Agoyán constituida por rocas metamórficas esquistos, filitas, pizarras y corneana, la Unidad Tres Lagunas está constituida por granitoides representadas por rocas ígneas granodiorita, por depósitos coluviales de material no consolidado y finalmente depósitos aluviales del Rio Zamora.
- Dentro de la geología estructural se identificaron tres microfallas, la primera zona en material esquistos con datos estructurales (N20°E/75/SE), la segunda microfalla en el mismo material con elementos de yacencia (N20°W/80° NE) y en material filitas medidas estructurales (N20°W/75° NE), además dos zonas de diaclasamiento con dirección (72°SW; 62°SE) respectivamente.
- El mapa geológico-estructural a escala 1: 5000 del área de estudio, con herramientas especializadas de SIG se realizó la cartografía de los elementos estructurales e información geológica levantada y analizada, litología, contactos, con una leyenda y un corte geológico A-A´ con dirección NE-SE, el mismo fue escogido ya que abarca la variedad de materiales avistados en esta zona.

## **9. Recomendaciones**

- Realizar una caracterización geotécnica que permita determinar las propiedades geo mecánicas del área de estudio, y que sirva como complemento a la información geológica.
- Efectuar un análisis petrográfico microscópico con láminas delgadas para tener una mayor comprensión de la mineralogía de las unidades geológicas presentes en el área de estudio.
- Realizar estudios geofísicos que nos ayuden a delimitar espesores y profundidades de los materiales, con el fin de tener una menor comprensión e interpretación de la zona de estudio.
- Se recomienda utilizar la información de los resultados obtenidos como base para proyectos a futuro ya sean para estudios viales o de susceptibilidad a deslizamientos en el tramo de vía.

## 10. Bibliografía

- ✓ Abramson & L.W. . (1996). Engineering Geology Principles. Wileyinterscience.
- ✓ Arellano, j., Llata, R., Carreón, J., Villarrea, J. y Morales, W. (2002). Ejercicios de geología estructural. 1ª. Edición. (México, UNAM).
- ✓ Bakker, X. (2005). En Taller: Análisis y modelamiento espacial. Bogotá: Instituto
- ✓ Cerveny, K., & Davies, R. (2005). Reducing Uncertainty with Fault-Seal Analysis. Oilfield Review. Winter 2004/2005.
- ✓ Beder, R. (1938). N. de M. B. aires. (1938). Nociones de Mineralogía.
- ✓ Complutense. (2004). Diccionario de Ciencias de la Tierra
- ✓ Dávila, J. (2011). Documentación Geográfica y Biblioteca IGN. Recuperado el 23 de Mayo de 2021
- ✓ Demek, J. (1972). Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Praga
- ✓ Domínguez, M. (2003). Geomorfología e inestabilidad de laderas en la cuenca carbonífera central (valle de Nalón Asturias). Análisis de la susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno [Tesis doctoral, Universidad de Oviedo]. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/11133#page=1>
- ✓ Echeveste, H. (2018). Manual del Levantamiento Geológico: Una introducción a la geología de campo. La Plata. Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata
- ✓ Fossen, H. (2010) Structural Geology.
- ✓ Greenly, R., & Williams, H. (1930). Methods of Geological Surveying. Thomas Murby.
- ✓ Griem, W. (2020). Introducción a la Mineralogía. Apuntes de Geología. <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap02.htm>
- ✓ Gorshkov, G., y Yakushova, A. (1970). GEOLOGÍA GENERAL. Moscú: MIR.
- ✓ Hurlbut, C. (1987). Manual de mineralogía de Dana. ISBN 10: 8429146059, Alcana Libros, Madrid, España
- ✓ IIGE, Instituto de Investigación Geológico y Energético (2019). geoenergía. Obtenido de [https://www.geoenergía.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/05/15\\_resolucion\\_n\\_o\\_2019\\_082\\_de\\_abril\\_2020.pdf](https://www.geoenergía.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/05/15_resolucion_n_o_2019_082_de_abril_2020.pdf) IIGE. (2019). Instituto de Investigación Geológico Energético. Quito: IIGE.
- ✓ Lisle, R., Brabham, P., & Barnes, J. (2011). Basic Geological Mapping (Fifth ed.). WILEYBLACKWELL.
- ✓ Lopez Vergara, M. . (1988). Manual de Fotogeología (3.a ed.). Editora CIEMAT



- ✓ Lugo, J. (2011). Diccionario geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN (Obra general): 970-32-2965-4. México, D.F
- ✓ MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. (2015). Levantamiento de Cartografía Temática escala 1:25.000. SIG-Tierras. Quito: Consorcio Tracasa/nipsa.
- ✓ Martínez, J. A. (1981). Mapas Geológicos. Explicación e Interpretación (2.a ed.). Paraninfo.
- ✓ Murphy, & Salvador. (1999). International Stratigraphic Guide.
- ✓ Narango, J. (2015). Fotogeología práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia. Editorial Universidad de Caldas.
- ✓ Niemeyer, H. (1999). Apuntes de geología estructural. 1ª. Parte
- ✓ Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica. España: Copyright.
- ✓ Olmos, P. (2010). Sistemas de Información Geográfica, Técnicas Básicas Para el Estudio. Madrid: Instituto Geológico Minero de España.
- ✓ Oyarzún, J. (2009). Léxico sobre procesos y estructuras geológicas. Universidad de La Serena. Chile
- ✓ Padilla, R. y Sánchez. (1996). Elementos de geología estructural. México, D.F
- ✓ Rodrigues Lloret, J., & Olivella, R. (s.f.). Introducción a los sistemas de información Geográfica. Conceptos y operaciones fundamentales. Cataluña, España. Universidad Oberta de Cataluña.
- ✓ SGM, Servicio Geológico Mexicano, (2021). Análisis Estadístico de la Minería. Boulevard Felipe Ángeles S/N, Carr. México-Pachuca km 93.50-4, Col. Venta Prieta, Pachuca, Hidalgo,
- ✓ Soriano P. (2012) Esfuerzo y deformación. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/619336299/ESFUERZO-Y-DEFORMACION>
- ✓ Spikermann, J. P. (2010). Elementos de Geología General. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- ✓ Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005). Ciencia de la tierra. 8ª. Edición. Pearson Educación.
- ✓ Trigueros, L. (2018). Apuntes de Geología Estructural con ejercicios. (Material didáctico).
- ✓ Varela, R. (2014). Manual de Geología. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: [http://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_21/pdf/varela\\_miscelanea\\_21\\_manual\\_de\\_geologia.pdf](http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf)

## 11. Anexos

### Anexo 1. Fichas de Afloramientos


FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	1
<b>Ubicación Geográfica</b>							
Provincia	Loja		Cantón	Loja			
<b>Localización</b>							
DATUM	WGS-84 Zona 17S		Coordenadas	X	697860		
				Y	9572017		
			Altura (m.s.n.m.)			1941	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
Natural				Ancho del afloramiento	18.80m		
Antrópico	x			Alto del afloramiento	12.20m		
<b>Tipo de material</b>							
Ambiente	Igneo	Metamórfico		x	Sedimentario		
Grado Meteorización		Alto	Medio	Bajo			x
<b>Características</b>							
Unidad	Agoyán	Estructura	Masiva		Humedad	Nula	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido de rocas metamórficas de tipo pizarras, con estructura masiva, con granos finos y textura afanítica. Posee un color gris oscuro, no contiene grados de meteorización, las capas están distribuidas de manera inclinada, presenta un Rumbo de N38°W con un buzamiento de 70°SE.							
<b>Fotografía</b>							


FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						Nº	2
<b>Ubicación Geográfica</b>							
Provincia	Loja		Cantón	Loja			
<b>Localización</b>							
DATUM	WGS-84 Zona 17S		Coordenadas	X	697569		
				Y	9571996		
			Altura (m.s.n.m.)			1984	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
Natural				Ancho del afloramiento	19.10m		
Antrópico	x			Alto del afloramiento	9.80m		
<b>Tipo de material</b>							
Ambiente	Igneo		Metamórfico	x	Sedimentario		
Grado Meteorización		Alto		Medio		Bajo	x
<b>Características</b>							
Unidad	Agoyán	Estructura	Masiva		Humedad	Nula	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido de rocas metamórficas de tipo filitas, con estructura masiva, con granos finos y textura fanerítica. Posee un color gris oscuro, no contiene grados de meteorización.							
<b>Fotografía</b>							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	3
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	697158		
				<b>Y</b>	9570927		
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>			1957	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>				<b>Ancho del afloramiento</b>	18.20m		
<b>Antrópico</b>	x			<b>Alto del afloramiento</b>	7.24m		
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Igneo</b>		<b>Metamórfico</b>	x		<b>Sedimentario</b>	
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>		<b>Bajo</b>	x
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Agoyán	<b>Estructura</b>	Masiva			<b>Humedad</b>	Nula
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido por esquistos ya que poseen una textura fanerítica o de grano grueso, los minerales son visibles, y posee bandeados intercalados de minerales de cuarzo, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán							
<b>Fotografía</b>							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	4
<b>Ubicación Geográfica</b>							
Provincia	Loja		Cantón	Loja			
<b>Localización</b>							
DATUM	WGS-84 Zona 17S		Coordenadas	X	697226		
				Y	9571160		
			Altura (m.s.n.m.)			1991	
<b>Tipo de Afloramiento</b>			<b>Dimensiones</b>				
Natural			Ancho del afloramiento		11.20m		
Antrópico	x		Alto del afloramiento		12.80m		
<b>Tipo de material</b>							
Ambiente	Igneo		Metamórfico	x		Sedimentario	
Grado Meteorización		Alto		Medio		Bajo	x
<b>Características</b>							
Unidad	Agoyán	Estructura	Masiva		Humedad	Nula	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido por rocas metamórficas corneanas, poseen una textura de grano fino, no foliada, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán.							
<b>Fotografía</b>							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						Nº	5
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	X	697400		
				Y	951594		
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>	1965			
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>			<b>Ancho del afloramiento</b>	15.40m			
<b>Antrópico</b>	x		<b>Alto del afloramiento</b>	5.80m			
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Ígneo</b>	x	<b>Metamórfico</b>	x	<b>Sedimentario</b>		
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>	x	<b>Bajo</b>	
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Agoyán/Tres Lagunas	<b>Estructura</b>				<b>Humedad</b>	Baja
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido por esquistos de color gris claro, que poseen una textura afanítica o de grano grueso, se puede evidenciar un contacto entre la Unidad Agoyán que posee material esquistos, y granitoides de tipo granodiorita de la Unidad Tres Lagunas							
<b>Fotografía</b>							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	6
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>		<b>X</b>	697460	
					<b>Y</b>	9571044	
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>		1934		
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>				<b>Ancho del afloramiento</b>		13.50m	
<b>Antrópico</b>	x			<b>Alto del afloramiento</b>		4.68m	
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Ígneo</b>	x	<b>Metamórfico</b>			<b>Sedimentario</b>	
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>		<b>Bajo</b>	
						x	
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Tres Lagunas		<b>Estructura</b>	Masiva		<b>Humedad</b>	Nula
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido por los flancos por esquistos ya que poseen una textura fanerítica o de grano grueso, los minerales son visibles, y posee bandeados intercalados de minerales de cuarzo, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán, y un intrusiva de riolita, posee el tamaño de grano fino con textura afanítica, este material pertenece a la Unidad Tres Lagunas.							
<b>Fotografía</b>							
							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	7
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	X	697618		
				Y	9571809		
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>			1936	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>			<b>Ancho del afloramiento</b>		25.80m		
<b>Antrópico</b>	x		<b>Alto del afloramiento</b>		15.40m		
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Igneo</b>	x	<b>Metamórfico</b>			<b>Sedimentario</b>	
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>		<b>Bajo</b>	x
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Tres Lagunas	<b>Estructura</b>	Masiva		<b>Humedad</b>	Baja	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituida por granitoides de tipo granodiorita de la Unidad Tres Lagunas, de coloración amarillo pálido, con cobertura vegetal de 0.5m.							
<b>Fotografía</b>							
							




FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						Nº	8
<b>Ubicación Geográfica</b>							
Provincia	Loja		Cantón	Loja			
<b>Localización</b>							
DATUM	WGS-84 Zona 17S		Coordenadas	X	696966		
				Y	9569713		
			Altura (m.s.n.m.)			1983	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
Natural			Ancho del afloramiento	19.55m			
Antrópico	x		Alto del afloramiento	8.30m			
<b>Tipo de material</b>							
Ambiente	Igneo		Metamórfico	x	Sedimentario		
Grado Meteorización		Alto	Medio		Bajo	x	
<b>Características</b>							
Unidad	Agoyán	Estructura	Masiva	Humedad	Nula		
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido de rocas metamórficas de tipo filitas, con estructura masiva, con granos finos y textura fanerítica. Posee un color gris oscuro.							
<b>Fotografía</b>							
<p>The photograph shows a geological outcrop of schists (filitas) with a massive structure. The outcrop is dark grey and has a width of 19.55m and a height of 8.30m. The top of the outcrop is covered with vegetation (cobertura vegetal). The outcrop is located on a hillside next to a road.</p>							

FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	9
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	X	697230		
				Y	9571057		
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>			1957	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>				<b>Ancho del afloramiento</b>	28.60m		
<b>Antrópico</b>	x			<b>Alto del afloramiento</b>	18.70m		
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Igneo</b>	x	<b>Metamórfico</b>		<b>Sedimentario</b>		
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>		x
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Tres Lagunas	<b>Estructura</b>	Masiva		<b>Humedad</b>	Nula	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituida por granitoides de tipo granodiorita de la Unidad Tres Lagunas, de coloración amarillo pálido, con cobertura vegetal de 0.5m.							
<b>Fotografía</b>							
<p>The photograph shows a large, light-colored (yellowish-tan) granitoid outcrop. The top edge is irregular and covered with sparse green vegetation, labeled 'Cobertura vegetal'. The main body of the rock is labeled 'Granitoides (Granodiorita)'. A vertical double-headed arrow on the right side indicates a height of 18.70m. A horizontal double-headed arrow at the bottom indicates a width of 28.60m. The background shows some trees and a cloudy sky.</p>							


FICHA DE DESCRIPCION DE AFLORAMIENTOS						N°	10
<b>Ubicación Geográfica</b>							
<b>Provincia</b>	Loja		<b>Cantón</b>	Loja			
<b>Localización</b>							
<b>DATUM</b>	WGS-84 Zona 17S		<b>Coordenadas</b>	X	696910		
				Y	9569618		
			<b>Altura (m.s.n.m.)</b>			1974	
<b>Tipo de Afloramiento</b>				<b>Dimensiones</b>			
<b>Natural</b>			<b>Ancho del afloramiento</b>		11.35m		
<b>Antrópico</b>	x		<b>Alto del afloramiento</b>		7.60m		
<b>Tipo de material</b>							
<b>Ambiente</b>	<b>Ígneo</b>		<b>Metamórfico</b>		x	<b>Sedimentario</b>	
<b>Grado Meteorización</b>		<b>Alto</b>		<b>Medio</b>		<b>Bajo</b>	x
<b>Características</b>							
<b>Unidad</b>	Agoyán	<b>Estructura</b>	Masiva		<b>Humedad</b>	Nula	
<b>Descripción</b>							
Litológicamente está constituido por esquistos ya que poseen una textura fanerítica o de grano grueso, los minerales son visibles, y posee bandeados intercalados de minerales de cuarzo, estos materiales pertenecientes a la Unidad Agoyán							
<b>Fotografía</b>							

**Anexo 2.** Fichas de descripción macroscópica de las rocas

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
	697860	9572017	1941
<b>Afloramiento N°</b>	1	<b>Muestra N°</b>	1
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris con tonalidades color blanco y negro	Minerales principales	
Textura	Fanerítica		
Estructura	Masiva	Cuarzo, Feldespato, Plagioclasa	
Tamaño de Grano	Grueso	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Granodiorita	Biotita, Moscovita	
Tipo de Roca	Ignea		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto	x	
	Medio		
	Bajo		
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
	697509	9572320	2109
<b>Afloramiento N°</b>	3	<b>Muestra N°</b>	2
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Verdoso	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo, Feldespato, Plagioclasa	
Estructura	Esquistosidad		
Tamaño de Grano	Medio a Grueso	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Esquisto	Biotita, Moscovita, Clorita	
Tipo de Roca	Metamórfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto	x	
	Medio		
	Bajo		
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697860	9572017	1941
<b>Afloramiento N°</b>	5	<b>Muestra N°</b>	3
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris oscuro	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo, Clorita	
Estructura	Pizarrosa		
Tamaño de Grano	Muy Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Pizarra	Moscovita	
Tipo de Roca	Metamorfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697569	9571996	1984
<b>Afloramiento N°</b>	6	<b>Muestra N°</b>	4
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo	
Estructura	Laminar		
Tamaño de Grano	Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Filitas	Moscovita, Sericita, Clorita	
Tipo de Roca	Metamorfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697400	9571594	1965
<b>Afloramiento N°</b>	11	<b>Muestra N°</b>	5
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris con tonalidades color blanco y negro	Minerales principales	
Textura	Fanerítica	Cuarzo, Feldespato, Plagioclasa	
Estructura	Masiva		
Tamaño de Grano	Grueso	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Granodiorita	Biotita, Moscovita	
Tipo de Roca	Ignea		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	

**Fotografía**






<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
	697226	9571160	1991
<b>Afloramiento N°</b>	14	<b>Muestra N°</b>	6
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris Claro	Minerales principales	
Textura	No Foliada	Cuarzo	
Estructura	Masiva		
Tamaño de Grano	Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Corneana	Sericita, clorita	
Tipo de Roca	Metamórfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio	x	
	Bajo		

**Fotografía**




<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697460	9571044	1934
<b>Afloramiento N°</b>	15	<b>Muestra N°</b>	7
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Marron Claro	Minerales principales	
Textura	Afanítica	Cuarzo, Feldespato, Plagioclasa	
Estructura	Masiva		
Tamaño de Grano	Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Riolita	Biotita, Moscovita	
Tipo de Roca	Ignea		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio	x	
	Bajo		
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697158	9570927	1957
<b>Afloramiento N°</b>	17	<b>Muestra N°</b>	8
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Verdoso	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo, Feldespato, Plagioclasa	
Estructura	Esquistosidad		
Tamaño de Grano	Medio a Gruoso	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Esquisto	Biotita, Moscovita, Clorita	
Tipo de Roca	Metamórfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	

**Fotografía**



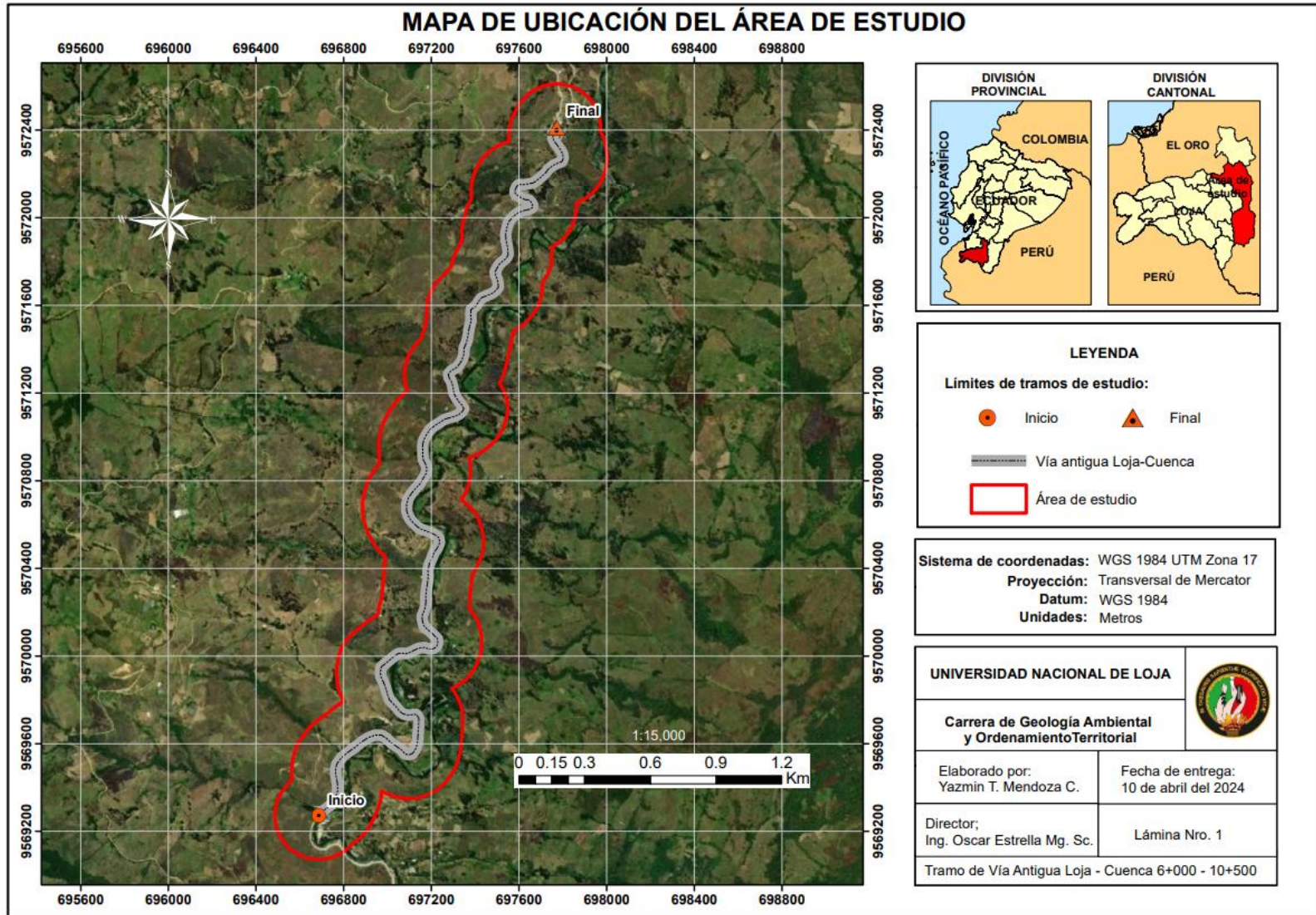
<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	697175	9570279	1960
<b>Afloramiento N°</b>	21	<b>Muestra N°</b>	9
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris oscuro	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo	
Estructura	Pizarrosa		
Tamaño de Grano	Muy Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Pizarra	Moscovita, Clorita	
Tipo de Roca	Metamórfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	
<b>Fotografía</b>			
			

<b>Ficha de Descripción Macroscópica de Muestras de Roca</b>			
<b>Localización (Coordenadas UTM)</b>	X	Y	Z
	696966	9569713	1983
<b>Afloramiento N°</b>	25	<b>Muestra N°</b>	10
<b>Descripción Petrográfica</b>		<b>Contenidos de Minerales</b>	
Color	Gris	Minerales principales	
Textura	Foliada	Cuarzo	
Estructura	Laminar		
Tamaño de Grano	Fino	Minerales accesorios	
Nombre de Roca	Filitas	Moscovita, Sericita, Clorita	
Tipo de Roca	Metamórfica		
<b>Grado de meteorización</b>	Alto		
	Medio		
	Bajo	x	

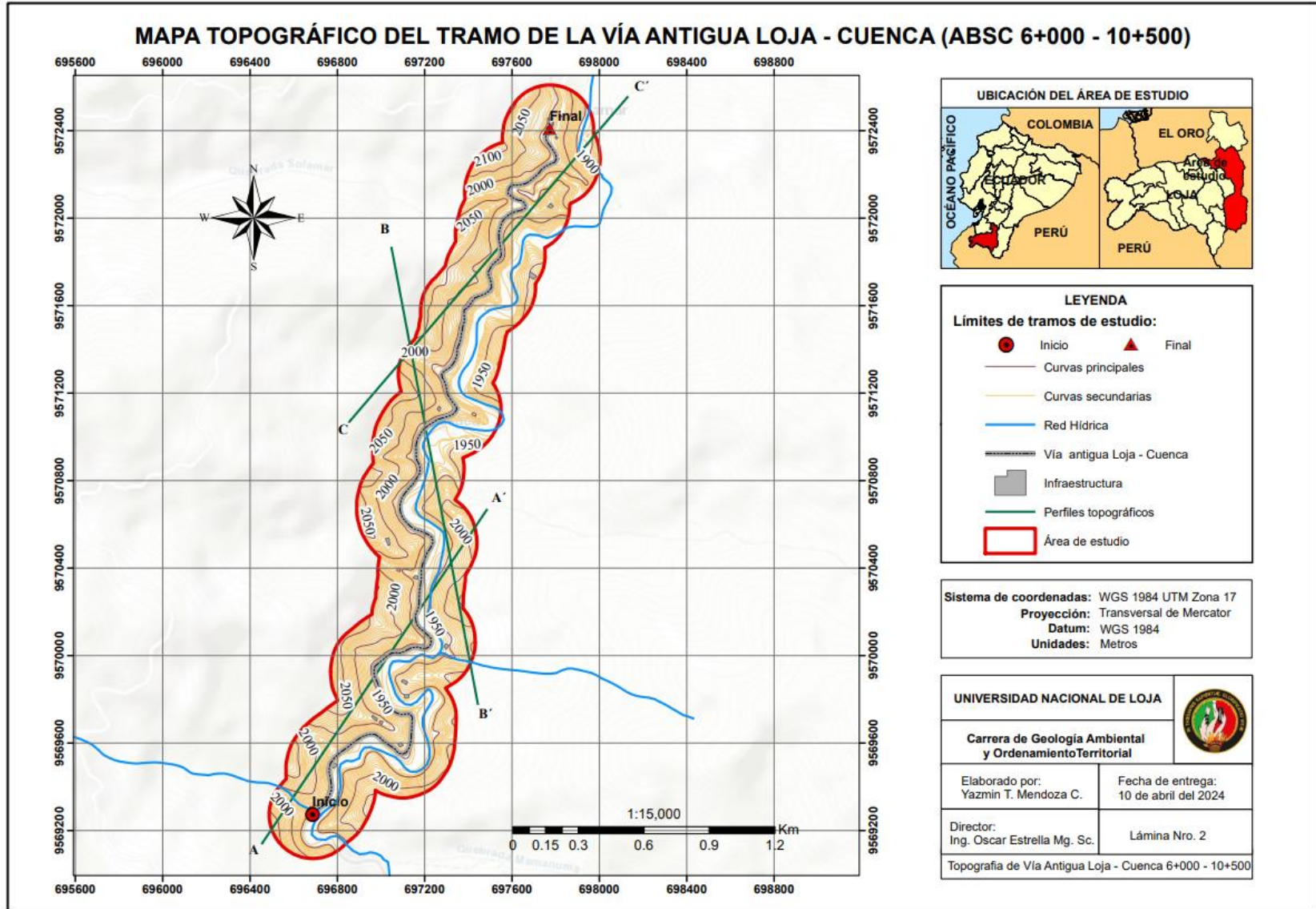
**Fotografía**



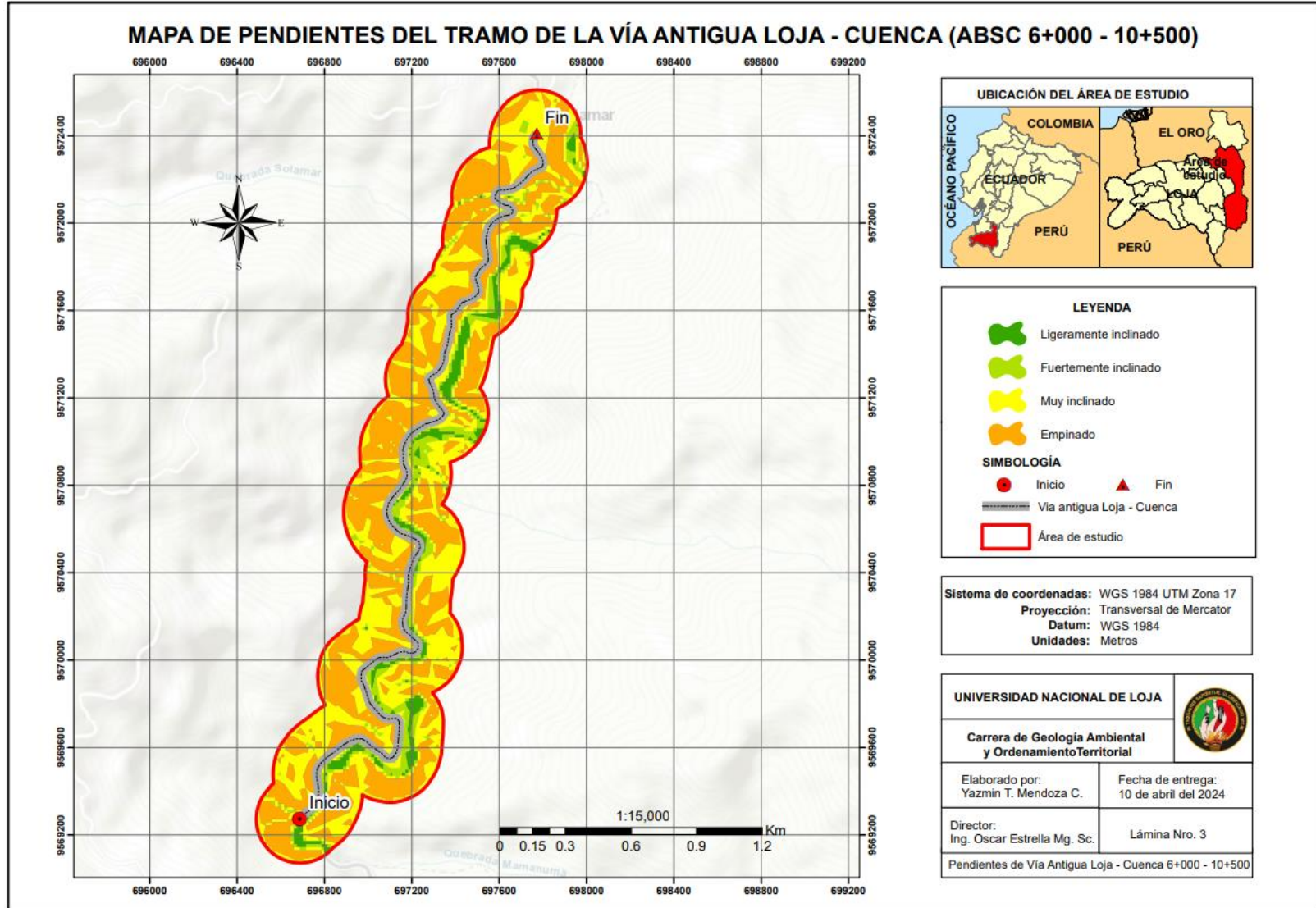
Anexo 3. Mapa de Ubicación



Anexo 4. Mapa Topográfico

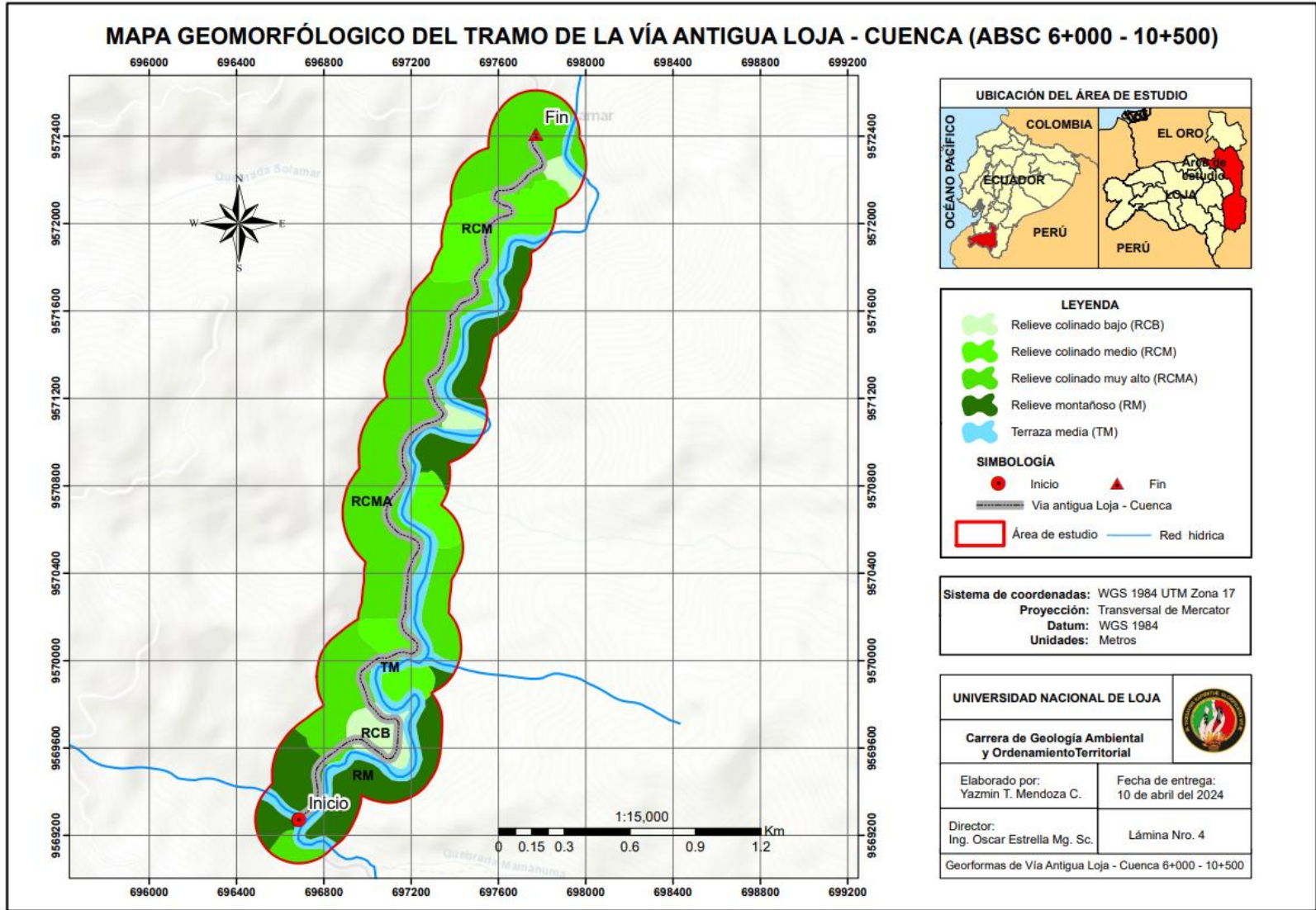


Anexo 5. Mapa Pendientes

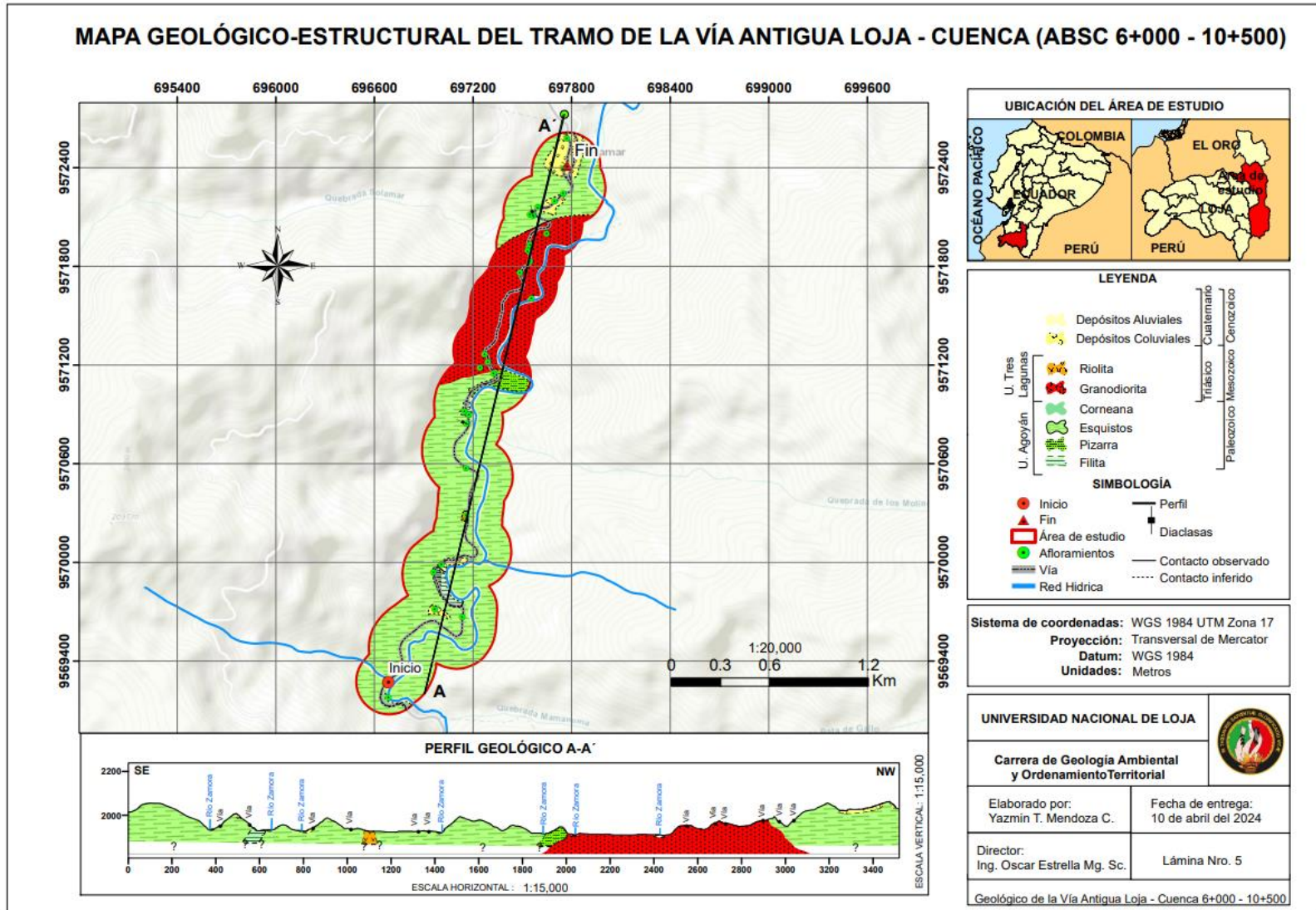




Anexo 6. Mapa Geomorfológico



Anexo 7. Mapa Geológico-Estructural



**Anexo 8.** Certificación de traducción del resumen del trabajo de titulación


Loja, 24 de marzo de 2024

Lic. Mgs.  
Cinthya Julisa Infante Requenes  
**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN IDIOMA INGLÉS**

CERTIFICA:

Que en calidad de Licenciada en Ciencias de la educación mención idioma Inglés realicé la traducción textual del resumen del trabajo de titulación denominado: **"Levantamiento geológico -estructural de la vía antigua Loja-Cuenca de la abscisa 6+000 hasta 10+500 del Barrio Sevilla de Oro del Cantón y Provincia de Loja"**, solicitado por la Srta, YAZMÍN TATIANA MENDOZA CALVA con C.I.: 1105683930, egresada de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, de la Universidad Nacional de Loja.

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



Cinthya Julisa Infante Requenes  
**LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN IDIOMA INGLÉS**  
C.I.: 0706650108  
Nº de registro:1008-2016-17-52476