



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Carrera de Ingeniería Agrícola

#### **Inventario de yacimientos de arcillas con potencialidades para ser utilizadas como material impermeabilizante en reservorios para cosecha de agua en el sector rural del cantón Loja**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

#### **AUTORA:**

Jenny Gabriela Herrera Soto

#### **DIRECTOR**

Ing. María del Cisne Veintimilla, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**

## Certificación

Loja, 20 de marzo de 2023

Ing. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del trabajo de titulación denominado: **“Inventario de yacimientos de arcillas con potencialidades para ser utilizadas como material impermeabilizante en reservorios para cosecha de agua en el sector rural del cantón Loja”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrícola**, de la autoría de Jenny Herrera Soto, con **cédula de identidad número 1150309142**, 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. María del Cisne Veintimilla Ortega Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Jenny Gabriela Herrera Soto** declaro ser autora del Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1150309142

**Fecha:** 30 de Julio de 2024

**Correo electrónico:** [Jenny.herrera@unl.edu.ec](mailto:Jenny.herrera@unl.edu.ec)

**Teléfono celular:** 0983989209

**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, Jenny Gabriel Herrera Soto declaro ser autora del trabajo de titulación: **“Inventario de yacimientos de arcillas con potencialidades para ser utilizadas como material impermeabilizante en reservorios para cosecha de agua en el sector rural del cantón Loja”**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

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

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

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

**Firma:**



**Autora:** Jenny Gabriela Herrera Soto

**Cédula:** 1150309142

**Dirección:** Barrio los cocos, La Tebaida

**Correo electrónico** jenny.herrera@unl.edu.ec

**Teléfono celular:** 0983989209

**DATOS COPLEMENTARIOS**

**Director del trabajo de titulación:** Ing. María del Cisne Veintimilla, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Este Trabajo de Titulación va dedicada a mis padres Emperatriz e Ignacio por mostrarme el camino a la superación, por hacer de mí una mujer trabajadora y por estar ahí siempre dándome sus buenos consejos, a mis hermanos por brindarme esas palabras de motivación.

También quiero dedicar este proyecto a una persona muy importante en mi vida Xavier quien ha sido la persona que ha estado apoyándome en todo este trayecto universitario hasta poder alcanzar mi meta y obtener mi título.

*Jenny Gabriela Herrera Soto*

## **Agradecimiento**

A Dios por darme la sabiduría y permitirme terminar los estudios.

A la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de ingeniería agrícola y a los docentes que contribuyeron en formación profesional y de manera especial a los ingenieros Pedro Guaya y Luis Sivisaca por haberme motivado día a día a no rendirme, a la ingeniera María Veintimilla y al ingeniero Wilson Chalco por su asesoramiento en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Agradezco a mi novio por su apoyo y ánimo que me brindó día a día para hacer mi mayor sueño una realidad, a mi hermosa familia por motivarme a no rendirme.

Finalmente agradezco a mis grandes amigos Iliana, Ángelo y Jorge, gracias por ser parte de este proceso y estar en cada paso del camino.

***Jenny Gabriela Herrera Soto***

## 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>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>xii</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Anexos.....</b>	<b>xv</b>
<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 Origen del suelo.....	6
4.2 Rocas.....	6
4.2.1 Intemperismo o meteorización.....	6
4.3 Formación de suelos.....	7
4.3.1 Suelos residuales.....	7
4.3.2 Sedimentos.....	7
4.4 Formaciones geológicas que abarcan el área de estudio.....	7
4.4.1 Formación Sacapalca.....	8
4.4.2 Formación Serie Zamora.....	8
4.4.3 Formación San Cayetano.....	9
4.4.4 Formación Loma Blanca.....	9
4.4.5 Formación Batolito San Lucas.....	9
4.4.6 Formación Quillollaco.....	10

4.4.7	Formación Celica .....	10
4.4.8	Formación Tahuin .....	10
4.5	Arcillas.....	10
4.6	Proceso de formación de arcillas.....	11
4.7	Textura de las arcillas.....	12
4.8	Clasificación de los minerales arcillosos .....	12
4.8.1	Caolinitas .....	12
4.8.2	Montmorillonita .....	13
4.8.3	Illita .....	13
4.8.4	Vermiculita.....	13
4.9	Formación de yacimientos arcillosos .....	13
4.10	Inventarios de yacimientos mineralógicos .....	14
4.11	Reservorios para almacenar agua.....	14
4.11.1	Reservorio tipo dique represa .....	15
4.11.2	Reservorio excavado .....	15
4.11.3	Reservorio tipo estanque .....	15
4.11.4	Reservorio tipo envase .....	15
4.11.5	Reservorio tipo dique escalonado .....	15
4.12	Elementos de un reservorio.....	15
<b>5.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>17</b>
5.1	Área de estudio.....	17
5.1.1	Ubicación geográfica de la investigación.....	17
5.2	Materiales y métodos.....	18
5.2.1	Materiales de campo.....	18
5.2.2	Materiales de oficina.....	18
5.3	Realización del estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.....	18
5.4	Identificación de los yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y comprobación mediante el reconocimiento en campo.....	19

5.4.1	Trabajo de pre-campo.....	19
5.4.2	Trabajo en campo.....	21
5.5	Documentación de la información recolectada y elaboración del inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presentan mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.....	21
5.5.1	Procesamiento de la información mediante SIG.....	21
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>23</b>
6.1	Estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.....	23
6.1.1	Yacimientos de arcilla a nivel mundial.....	23
6.1.2	Yacimientos de arcilla a nivel nacional.....	26
6.1.3	Yacimientos de arcilla en el cantón de Loja.....	27
6.2	Usos de las arcillas.....	27
6.3	Identificación de yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y comprobación mediante el reconocimiento en campo.....	29
6.3.1	Afloramiento A1-G1.....	29
6.3.2	Afloramiento A2-G2.....	29
6.3.3	Afloramiento A3-G3.....	30
6.3.4	Afloramiento A4-Ch1.....	31
6.3.6	Afloramiento A6-Ch3.....	32
6.3.7	Afloramiento A7-Ch4.....	33
6.3.9	Afloramiento A9-Ch6.....	34
6.3.10	Afloramiento A10-Ch7.....	35
6.3.11	Afloramiento A11-Ch8.....	35
6.3.12	Afloramiento A12-T1.....	36
6.3.13	Afloramiento A13-Cha1.....	37
6.3.14	Afloramiento A14-Cha2.....	37

6.3.15	Afloramiento A15-M1.....	38
6.3.16	Afloramiento A16-M2.....	39
6.3.17	Afloramiento A17-M3.....	40
6.3.18	Afloramiento A18-M4.....	40
6.3.19	Afloramiento A19-M5.....	41
6.3.20	Afloramiento A20-M6.....	42
6.3.21	Afloramiento A21-V1.....	42
6.3.22	Afloramiento A22-L1.....	43
6.3.23	Afloramiento A23-L2.....	44
6.3.24	Afloramiento A24-L3.....	45
6.3.25	Afloramiento A25-L4.....	45
6.3.26	Afloramiento A26-L5.....	46
6.3.27	Afloramiento A27-L6.....	47
6.3.28	Afloramiento A28-SL1.....	47
6.3.29	Afloramiento A29-SL2.....	48
6.3.30	Afloramiento A30-S1.....	48
6.3.31	Afloramiento A31-Q1.....	49
6.3.32	Afloramiento A32-Q2.....	50
6.3.33	Afloramiento A33-Y1.....	51
6.3.34	Afloramiento A34-Y2.....	51
6.3.35	Afloramiento M35-Y3.....	52
6.3.36	Afloramiento A36-CIS1.....	53
6.3.37	Afloramiento A37-CIS2.....	53
6.4	Documentación de la información recolectada y elaboración de inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presentan mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.....	54

6.4.1	Mapas por parroquia del cantón Loja que contienen la información recolectada.....	54
6.4.2	Inventario de arcillas.....	67
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>70</b>
7.1	Realizar el estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.....	70
7.1.1	Yacimientos de arcilla a nivel mundial.....	70
7.1.2	Yacimientos de arcilla a nivel nacional.....	70
7.1.3	Yacimientos de arcilla en el cantón de Loja.....	71
7.2	Identificar los yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y realizar comprobación mediante el reconocimiento de campo en el Cantón Loja.....	71
7.3	Documentar la información recolectada y elaborar un inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presenten mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.....	73
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>75</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>77</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>84</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Sectores de la zona de estudio .....	19
<b>Tabla 2.</b> Ficha de descripción de afloramientos .....	21
<b>Tabla 3.</b> Inventario de arcillas con mejores características físico- mecánicas para impermeabilizar reservorios.....	67

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Columna estratigráfica de la cuenca sedimentaria de Loja. ....	8
<b>Figura 2.</b> Elementos para la construcción de reservorio. ....	16
<b>Figura 3.</b> Mapa de la zona de estudio.....	17
<b>Figura 4.</b> Afloramiento 1 del sector San Francisco de la parroquia Gualiel .....	29
<b>Figura 5.</b> Afloramiento 2 del sector Rodeo, parroquia Gualiel. ....	30
<b>Figura 6.</b> Afloramiento 3 del sector El Ari, parroquia Gualiel .....	30
<b>Figura 7.</b> Afloramiento 4, sector Romero de la parroquia Chuquiribamba .....	31
<b>Figura 8.</b> Afloramiento 5, sector Palta de la parroquia Chuquiribamba. ....	32
<b>Figura 9.</b> Afloramiento 6, del barrio Guailas Grande de la parroquia Chuquiribamba. ....	32
<b>Figura 10.</b> Afloramiento 7, del barrio Guailas perteneciente a la parroquia Chuquiribamba	33
<b>Figura 11.</b> Afloramiento 8, perteneciente al sector Tesalia Alto, parroquia Chuquiribamba	34
<b>Figura 12.</b> Afloramiento 9, sector Santo Domingo parroquia Chuquiribamba.....	35
<b>Figura 13.</b> Afloramiento 10, sector San Sigre, parroquia Chuquiribamba.....	35
<b>Figura 14.</b> Afloramiento 11, sector San Antonio parroquia Chuquiribamba. ....	36
<b>Figura 15.</b> Afloramiento 12, sector Gonzabal de la parroquia Taquil. ....	36
<b>Figura 16.</b> Afloramiento 13, sector Cahuachi perteneciente a la parroquia Chantaco.....	37
<b>Figura 17.</b> Afloramiento 14, sector Chantaco Alto perteneciente a la parroquia Chantaco...	38
<b>Figura 18.</b> Afloramiento 15, sector Taxiche de la parroquia Malacatos.....	39
<b>Figura 19.</b> Afloramiento 16, Sector La Calera, parroquia Malacatos. ....	39
<b>Figura 20.</b> Afloramiento 17, Sector Ceibopamba parroquia Malacatos.....	40
<b>Figura 21.</b> Afloramiento 18, sector barrio Trinidad, parroquia Malacatos. ....	41
<b>Figura 22.</b> Afloramiento 19, sector Santo Domingo Alto, parroquia Malacatos. ....	41
<b>Figura 23.</b> Afloramiento 20, sector Yamburara alto parroquia Malacatos .....	42
<b>Figura 24.</b> Afloramiento 21, Sector Capamaco parroquia Vilcabamba .....	43
<b>Figura 25.</b> Afloramiento 22, perteneciente al sector Las Palmas, parroquia El Sagrario. ....	44
<b>Figura 26.</b> Afloramiento 23, sector Buena Esperanza parroquia El Sagrario. ....	44
<b>Figura 27.</b> Afloramiento 24, sector La Palmira, parroquia El Sagrario. ....	45
<b>Figura 28.</b> Afloramiento 25, sector San Cayetano Bajo parroquia El Valle.....	46
<b>Figura 29.</b> Afloramiento 26, sector Florencia parroquia Carigán. ....	46
<b>Figura 30.</b> Afloramiento 27, sector Lagrimas parroquia Carigan .....	47
<b>Figura 31.</b> Afloramiento 28, sector Vinuyacu Chico, parroquia San Lucas. ....	48

<b>Figura 32.</b> Afloramiento 29, sector Vinuyacu parroquia San Lucas.....	48
<b>Figura 33.</b> Afloramiento 30, sector Sayo parroquia Santiago.....	49
<b>Figura 34.</b> Afloramiento 31, sector Quinara, parroquia Quinara. ....	50
<b>Figura 35.</b> Afloramiento 32, sector Quinara parroquia Quinara. ....	50
<b>Figura 36.</b> Afloramiento 33: Sector Yangana parroquia Yangana.....	51
<b>Figura 37.</b> Afloramiento 34, sector Yangana, parroquia Yangana. ....	52
<b>Figura 38.</b> Afloramiento 35, sector Yangana, parroquia Yangana. ....	52
<b>Figura 39.</b> Afloramiento 36 del sector La Noma, parroquia El cisne .....	53
<b>Figura 40.</b> Mapa georreferenciado de la parroquia Chuquiribamba .....	55
<b>Figura 41.</b> Mapa georreferenciado de la parroquia Chantaco .....	56
<b>Figura 42.</b> Mapa de la parroquia El Cisne.....	57
<b>Figura 43.</b> Puntos georreferenciados de la parroquia Gualiel. ....	58
<b>Figura 44.</b> Mapa del cantón Loja. ....	59
<b>Figura 45.</b> Mapa de la parroquia Malacatos.....	60
<b>Figura 46.</b> Mapa de la parroquia Quinara. ....	61
<b>Figura 47.</b> Mapa de la parroquia San Lucas.....	62
<b>Figura 48.</b> Mapa de la parroquia Taquil.....	63
<b>Figura 49.</b> Mapa de la parroquia Vilcabamba.....	64
<b>Figura 50.</b> Mapa de la parroquia Yangana .....	65
<b>Figura 50.</b> Mapa de la parroquia Yangana .....	66

## **Índice de Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Ficha de descripción de afloramientos. ....	84
<b>Anexo 2.</b> Mapas generados para la obtención de información geológica de la zona .....	85
<b>Anexo 3.</b> Inventario de arcillas .....	89
<b>Anexo 4.</b> Traducción del Abstract.....	96

## **1. Título**

**“Inventario de yacimientos de arcillas con potencialidades para ser utilizadas como material impermeabilizante en reservorios para cosecha de agua en el sector rural del cantón Loja”.**

## 2. Resumen

La arcilla es un mineral altamente explotado, debido a sus múltiples usos en el sector industrial con fines de construcción, agricultura y medicinal, tal es así que se realizó un estudio donde caracterizaron los suelos del cantón Gonzanamá con la finalidad de conocer si tiene buenas características para impermeabilizar estanques. El presente trabajo de titulación tiene como finalidad la elaboración de un inventario estratégico de arcillas en el cantón Loja, con potencial impermeabilizante para la construcción de reservorios, misma que se dividió en tres fases: pre-campo, campo y gabinete. En la primera fase se identificaron los sectores de las parroquias del cantón Loja que presentan mayor área de suelo arcilloso, en la segunda mediante las visitas in situ con ayuda del GPS se obtuvo las coordenadas de cada sitio, en la última fase se generó el mapa correspondiente a cada parroquia del cantón Loja y la elaboración del inventario de arcillas. Los resultados indican que a través del mapeo se identificaron 37 afloramientos distribuidos en tres zonas: nororiente, noroccidente y sur, así mismo, se encontraron diferentes características geológicas, debido a variaciones climáticas de cada zona. Por otro lado, se elaboraron 12 mapas georreferenciados de los 37 afloramientos referentes a las parroquias del cantón Loja. Finalmente, se generó un inventario de suelos con las mejores características físico-mecánicas, el cual identifica que la zona noroccidente tiene suelos con porcentajes comprendidos entre 38,40 a 67,60 % de arcilla, mientras que el nororiente tienen porcentajes de 34,40 a 39,80% de arcilla; referente al Limite liquido los porcentajes van de 52,87 a 84,06% y el Limite plástico 19,30 a 50,44%, así mismo, el tipo de actividad de la arcilla mostró valores de 0,6 a 0,92. Estas características son idóneas para ser utilizadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.

**Palabras clave:** inventario, yacimiento, arcillas y mapeo.

## **Abstract**

Clay is a highly exploited mineral due to its numerous uses in the industrial sector, particularly for construction, agriculture, and medicinal purposes. Consequently, a study was conducted to characterize the soils of the Gonzanamá Cantón, to determine their suitability for pond impermeabilization. This thesis aims to develop a strategic inventory of clays in the Loja Canton with impermeabilizing potential for reservoir construction. The study was divided into three phases: pre-field, field, and office. In the first phase, areas with significant clay soil in the parishes of Loja canton were identified. During the second phase, in situ we help using GPS were conducted to obtain the coordinates of each site. The final phase involved generating maps for each parish in Loja Canton and creating the clay inventory. The results indicate that 37 outcrops were identified across three zones: northeast, northwest, and south. Additionally, different geological characteristics were found due to climatic variations in each zone. Furthermore, 12 georeferenced maps of the 37 outcrops in the parishes of Loja Canton were produced. Finally, an inventory of soils with the best physico-mechanical characteristics was created, revealing that the northwestern zone has clay content ranging from 38.40% to 67.60%, while the northeastern zone has clay content ranging from 34.40% to 39.80%. The liquid limit percentages range from 52.87% to 84.06%, and the plastic limit percentages range from 19.30% to 50.44%. Additionally, clay activity values range from 0.6 to 0.92. These characteristics are ideal for use as impermeabilizing material in reservoir construction.

**Keywords:** inventory, deposit, clays, and mapping.

### 3. Introducción

Las arcillas constituyen la principal materia prima para la fabricación de cerámicos de construcción y de gran valor en la industria. Según (Amado *et al.* 2011), estas aparecen en todo tipo de formación rocosa, formaciones ígneas y sedimentarias como consecuencia de ello, sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso.

Díaz (2015) menciona que, las reservas de arcilla a nivel mundial son abundantes, debido a su bajo coste, se usan preferentemente los yacimientos más próximos a las industrias su uso principalmente es para la fabricación de cerámicos, plásticos, fabricación de papel, cemento, teja, etc., estas son aprovechadas debido a su bajo coste de explotación.

En Ecuador su uso se extiende, en más del 50% en los procesos de manufactura y construcción, en la actualidad conforme hemos avanzado tecnológicamente se ha despertado el interés de estudiar y mejorar los usos de nuestros recursos minerales no renovables, dentro de los cuales, no solo están los minerales metálicos, si no también, minerales y rocas industriales como es el caso de las arcillas (Álvarez, 2018).

En Ecuador, se determinó que existe una mayor concentración de arcilla en la región austral y en zonas intramontañosas. Sin embargo, pese a que, el país posee una gran concentración de suelo arcilloso que, puede ser utilizado como material impermeabilizante en la construcción de reservorios, el mismo no es aprovechado por el desconocimiento o la falta de información actualizada de yacimientos de arcilla (Chamba *et al.*, 2019).

Con base a lo antes mencionado, el presente proyecto tiene como objetivo principal la elaboración de un inventario estratégico de arcillas en el cantón Loja, con potencial impermeabilizante, para la construcción de reservorios, además de, contribuir con una solución adecuada para el aprovechamiento del agua, y con ello, poder suplir las necesidades hídricas de los agricultores, adicionalmente al ser un elemento natural es más amigable con el medio ambiente, respecto a otros métodos tradicionales de impermeabilización.

## **Objetivo general**

Elaboración de un inventario estratégico de arcillas en el cantón Loja, con potencial impermeabilizante para la construcción de reservorios.

## **Objetivos específicos**

Realizar el estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.

Identificar los yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y realizar comprobación mediante el reconocimiento de campo en el Cantón Loja.

Documentar la información recolectada y elaborar un inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presenten mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.

## 4. Marco Teórico

### 4.1 Origen del suelo

Los suelos no solo se forman por la meteorización, sino también, por procesos geológicos subyacentes a las rocas. Las rocas normalmente se descomponen en pequeños pedazos en la superficie de la tierra y se concentran por contacto con el aire y el agua para formar suelo. Los procesos geológicos que producen rocas incluyen la cristalización de minerales durante la solidificación del magma, la cementación de partículas del suelo y la formación de imágenes. Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas (Herbs, 2010)

### 4.2 Rocas

Es un agregado sólido formado por, uno o más minerales y, ocupa la mayor parte de la corteza terrestre. Las rocas generalmente están compuestas por material duro, pero también pueden presentarse rocas blandas, como rocas arenosas o arcillosas (Herbs, 2010).

Se dividen en tres grupos: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, estas últimas son el resultado de la transformación de rocas ígneas y sedimentarias que pueden sufrir dos procesos de alta presión y temperatura (Jaramillo, 2002).

Las rocas generadas en el interior de la corteza terrestre (ígneas y metamórficas), se forman en condiciones de presión y temperatura muy distintas a las del medio exógeno por lo tanto cuando esas rocas afloran en la superficie, se encuentran en desequilibrio Físico-Químico con el ambiente que las rodea. Las rocas ígneas específicamente se forman una vez que, la lava se haya solidificado, en cambio, los productos de la meteorización mecánica y química constituyen la materia prima para las rocas sedimentarias. La palabra sedimentaria indica la naturaleza de esas rocas, pues deriva de la palabra latina sedimentum, que hace referencia al material sólido que se deposita a partir de un fluido (agua o aire) (Tarbuck y Lutgens, 2005).

#### 4.2.1 *Intemperismo o meteorización*

Se refiere al cambio de los materiales pétreos, cuando se exponen al medio ambiente: la humedad, el aire y la influencia de la materia orgánica. Hay dos tipos de meteorización que, suelen interactuar entre sí: la primera es mecánica o de descomposición, y la segunda es química. Ambos patrones climáticos afectan la temperatura y la humedad. Del mismo modo, varios factores afectan a la piedra, provocando que su estructura se rompa, se desmorone y se desintegre. Los factores climáticos se clasifican en tipos: físicos y químicos (Duque, 2022).

### **4.3 Formación de suelos**

La superficie de la Tierra está formada por una cubierta rocosa que es el resultado de una combinación de varios factores climáticos: temperatura, humedad y precipitación, así como, la naturaleza de las variables locales, la vegetación y el clima. El suelo consiste en pequeñas partículas de roca y materia orgánica en descomposición (Cobos, 2019).

#### **4.3.1 Suelos residuales**

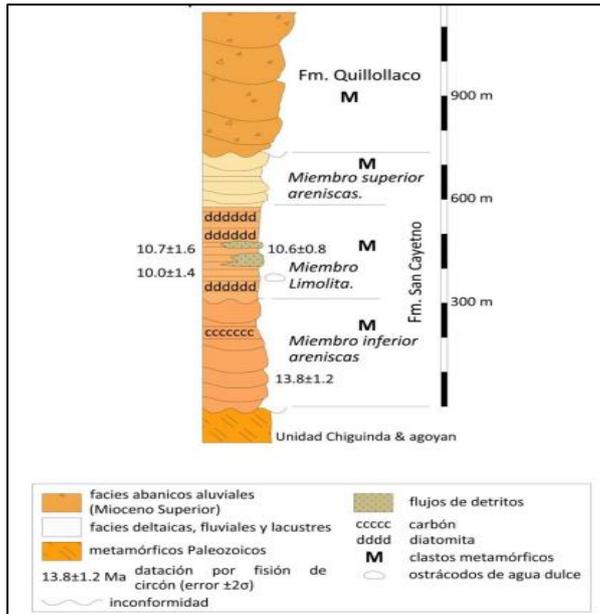
Producto de la meteorización de rocas acumuladas in situ, cuando la tasa de descomposición es mayor que la tasa de arrastre, se produce una acumulación residual. Los factores que afectan la tasa de cambio son: temperatura, tipo de roca, precipitación, tiempo, drenaje de la superficie sobre la que se encuentra, actividad bacteriana y vegetación presente en el área, este tipo de suelo se encuentra más fácilmente en climas templados y húmedos (Muelas,2002).

#### **4.3.2 Sedimentos**

Se forman principalmente como resultado de la meteorización física y química en la superficie. El limo, la arena y la grava son el resultado de la meteorización física, mientras que las partículas de arcilla son el resultado de cambios químicos. Los sedimentos son arrastrados por: agua, hielo, aire, gravedad y organismos. Esta transferencia puede verse afectada cambiando su forma o tamaño debido al desgaste, impacto y abrasión, y provoca el grado de partículas (Muelas, 2002).

### **4.4 Formaciones geológicas que abarcan el área de estudio.**

El área de estudio comprende el cantón de Loja y sus parroquias rurales, se asienta sobre el basamento metamórfico del Miembro Chiguinda, el cual, alberga rocas de origen sedimentario y volcánico. Dominik Hungerbühler (2002) menciona que la cuenca de Loja se divide en dos secciones estratigráficas divididas en formaciones geológicas con características similares, a excepción de la Formación Quillollaco, que se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1.** Columna estratigráfica de la cuenca sedimentaria de Loja.  
**Fuete:** Cobos (2019).

#### 4.4.1 *Formación Sacapalca*

Según Capa (2015), la formación Sacapalca realmente no continua regionalmente al norte del Ecuador, pero es característico para los Andes centrales, está constituida por lavas volcánicas con intercalaciones de piroclastos, las lavas son de color café, con tendencia de buzamiento hacia el oeste. Las lavas volcánicas que corresponden a la formación Sacapalca se encuentran ubicadas al oeste de la cuenca Catamayo.

En el PDOT del GAD-Gualel (2014), se menciona que, esta formación consiste en lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas, creando así una fosa tectónica cerca de 15 Km de ancho, extendiéndose hacia la frontera con el Perú.

#### 4.4.2 *Formación Serie Zamora*

Fue definida por Kennerly (1973), el nombre es dado por las rocas metamórficas existentes en la zona de Zamora. Estas rocas metamórficas se encuentran al este, formando más del 50% de la superficie total. litológicamente la serie Zamora está conformada por filitas, cuarcitas, esquistos, gneis, pizarras, pero también se encontraron capas de metavolcanicos. La serie Zamora conforma el basamento y por la existencia de un granito situación que está dentro de estas rocas, se cree que es edad paleozoica (Ramón, 1989).

#### **4.4.3 Formación San Cayetano**

Aflora en el Barrio San Cayetano en la parte occidental de la ciudad de Loja y está presente solo al este del Río Zamora. La Formación está dividida en tres miembros con límites transicionales:

**Miembro Inferior de Arenisca:** contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerado y lutitas; dentro de las lutitas hay unas pequeñas capas de carbón.

**Miembro Limolitas:** abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales.

**Miembro Superior de Arenisca:** Está dominado por areniscas de color marrón y lutitas. Debido al fuerte plegamiento la estimación del espesor de esta formación es difícil, pero su potencia total puede llegar a 800 msnm (Japón et al., 2010).

#### **4.4.4 Formación Loma Blanca**

Se asienta discordantemente sobre el basamento metamórfico Paleozoico (Unidad Chigüinda) y son sobreyacidas por las rocas sedimentarias de la Cuenca de Malacatos y de la formación Gonzanamá en el Norte. La formación Loma Blanca está cubierta en aparente concordancia por la formación San José.

Tiene una potencia de 2002 m según Kennerley (1973), comprende rocas volcánicas de acidez intermedia tales como tobas, tobas aglomeráticas, igminbritas, pómez, brechas volcánicas, flujos; además la presencia de diques y sills. Los aglomerados pueden contener bloques parcialmente quebrados de más o menos un metro de diámetro. En el Sur, las tobas dominan y los aglomerados contienen muchos cristales de cuarzo y fragmentos de filitas que miden desde 0.01 a 0.04m de diámetro (Jiménez, 2022).

#### **4.4.5 Formación Batolito San Lucas**

Esta formación de gran dimensión aflora en diferentes zonas al Norte del cantón Loja, en especial en la vía antigua para ingresar al poblado de Loja por la zona de “Las Juntas”. El batolito se encuentra en contacto con diversas litologías por ser de un gran tamaño. Al ser un batolito, posee variaciones mineralógicas en toda su extensión, mostrándose en unas zonas granodiorita y en otro granito. Predominantemente colinda al N con los cerros volcánicos de Tambo Blanco atribuidos a una fase volcánica del grupo Saraguro los cuales están conformados de tobas, tobas de cristales y brechas volcánicas (Jiménez, 2022).

#### **4.4.6 Formación Quillollaco**

Este conglomerado aflora principalmente en la parte este de la cuenca y se extiende, hacia el sur hasta el nudo de Cajanuma. Está compuesto de guijarros bien redondeados con un diámetro que puede ser superior a los 30 cm de filita, cuarcita, esquistos sericíticos, riolitas y vetas de cuarzo encajadas en una matriz arenosa. El conglomerado está estratificado gruesamente y con formas prominentes de pliegues con distancias bien visibles en las fotografías aéreas. En el sur de la cuenca se forma una topografía muy escarpada y su color amarillo-naranja está impresionantemente revelado en los altísimos despeñaderos, casi tan impresionante como la Formación de Cerro Mandango de la cuenca de Malacatos (Bustamante y Cabrera,2010).

#### **4.4.7 Formación Celica**

INIGEMM, (2013) la definió como una secuencia volcanoclástica, intercalada con mantos de lava de composición basáltico-andesítica, que generalmente están silicificados, cloritizados y epidotizados en menor grado. Litológicamente son tobas de cristales de composición andesítica con fenocristales subhedrales de piroxeno y hornblenda; brechas tobáceas de composición andesítica verdosa, con clastos andesíticos; matriz tobácea con minerales de plagioclasa, piroxeno y vidrio volcánico. Puntualmente intercaladas con mantos de lava basalto-andesíticos.

#### **4.4.8 Formación Tahuin**

Dividido en dos unidades conocidas como: Unidad La Victoria y Unidad La Bocana, ubicado al oeste de la zona de estudio, cerca al poblado Balsas (UTM 630820,9584721). comprende todas las rocas metamórficas aflorantes entre el dominio o terreno Chaucha y la cuenca Lancones-Alamor, descritas ampliamente por Feininger (1980), Duque (1992) y Litherland y otros (1994). La naturaleza y origen de este dominio todavía continua en discusión, Litherland y otros (1994) sugieren que es un fragmento desmembrado de las rocas metamórficas del dominio Loja-Olmos, mientras Mourier y otros (1988) y Feininger (1987) proponen que este dominio Litotectónico es alóctono (Espinosa,2020).

### **4.5 Arcillas**

Las arcillas son producto del envejecimiento geológico de la superficie terrestre, se denominan a aquellos materiales sedimentarios que presentan textura fina, con propiedades plásticas. Su importancia radica a nivel de construcción e industria, debido a, su facilidad de

deformación producto de la presión, así como a, su facilidad de explotación. También son denominados arcillas a materiales sedimentarios cuya mineralogía no se encuentra bien definida y cuya granulometría sea fina (Besoain, 1985).

La arcilla usualmente contiene filosilicatos, pero además puede contener otros materiales, que imparten plasticidad y se endurecen al secar o cocerse, fases asociadas en arcilla pueden incluir materiales que no impartan plasticidad (Rakhila *et al.*, 2018).

Las rocas arcillosas están constituidas por fragmentos que se han formado como resultado de la descomposición química de las rocas originarias y de la destrucción mecánica de las mismas, cuyo diámetro de las partículas es menor de 0.002 mm ( milímetros), en la que los llamados “minerales de la arcilla” forman, aproximadamente 1/3 de su composición (silicatos lumínicos hidratados, resultantes de la hidrolización de los feldspatos; siendo principalmente la caolinita, la ilita y la montmorillonita, cuya estructura está formada de estratos sucesivos de sílice y alumine (Melendez y Fuster, 1985).

#### **4.6 Proceso de formación de arcillas**

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que en su mayoría son producto final de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas en el medio exógeno se hidrolizan. Se caracterizan principalmente por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, son capaces de endurecerse al extraer su humedad por encima de los 800 °C, siendo uno de los materiales más baratos y de amplio rango de utilidad en manufacturas, industrias y ciencias (García, 2004).

Los suelos presentan dinámicas de procesos constructivos o destructivos muy complejos, los minerales arcillosos provienen propiamente de la alteración de los minerales primarios de las rocas, esto debido a los procesos de meteorización, en donde, también se incluyen procesos de arcillosíntesis, que son las neoformaciones de minerales de arcilla cristalinos, para cristalinos o amorfos, a partir de soluciones iónicas o geles,

Cuando se produce un efecto de arcillificación, existen acciones mecánicas donde los granos minerales de mayor tamaño se fracturan y se fragmentan, produciendo partículas en tamaño de arcillas. Esta arcillificación se produce generalmente en suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, o en sus sedimentos aluviales, y en suelos aluviales juveniles (Besoain, 1985b).

#### **4.7 Textura de las arcillas**

Hace referencia a la disposición que presentan los elementos en el suelo, es la proporción entre las partículas, estas implican el tamaño, la forma, la orientación, nivel de compactación, etc. Las arcillas tienen capacidad de absorción, fragilidad y posibilidad de endurecimiento, estas varían en proporción a la cantidad de agua que contengan. Un factor clave es la morfología, dado que determina la textura de la arcilla; y, dependiendo de la forma influye en la sedimentación (Besoain, 1985a).

#### **4.8 Clasificación de los minerales arcillosos**

Se clasifican en varios grupos dependiendo de la distribución y dependiendo del tipo de iones que permiten la unión, entre ellas se tiene: illita, caolinita, montmorillonita (Garay y Mena, 2007).

Los minerales de la arcilla se suelen definir según composiciones químicas idealizadas. La cantidad de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en la fórmula es una determinante clave en la clasificación de los minerales de la arcilla. En base a esto, las arcillas se clasifican en los siguientes grupos:

##### **4.8.1 Caolinitas**

Se forman por dos láminas, una de silicio y una de aluminio, presentan estructura fuerte y estable que impide la penetración de agua Garay y Mena, (2007). Estas arcillas se forman en zonas continentales, por alteración de rocas ricas en feldespatos (granitos, gneis, etc.), algunas veces son residuales. Las arcillas montmorillonita son utilizadas como: desengrasantes de las lanas, en la purificación y decoloración de las gasolinas y productos lubricantes y en gran escala en las perforaciones y sondeos.

La caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) es la principal fuente que constituye el caolín y las arcillas que se utilizan para la fabricación de materiales de porcelana. Juárez y Rodríguez (2005) establecen que, las caolinitas están formadas por láminas silícicas y alumínicas, que se superponen continuamente, las mismas, dada su firmeza entre sus retículas, no permiten la penetración de moléculas de agua entre ellas y serán relativamente estables en presencia del agua.

Algunos minerales de arcilla que corresponden a este grupo son: dickita, misma que tiene igual composición que la caolinita, pero estas con un orden diferente en sus láminas; y, la halosita que, habitualmente surge en algunos suelos tropicales y sus láminas están enlazadas por moléculas de agua (Whitlow y Delgado, 1998).

#### **4.8.2 Montmorillonita**

Se forman por tres láminas, una de aluminio, entre dos de silicio, presentan una estructura débil e inestable que permiten la penetración de agua Garay y Mena, (2007a). Este grupo de arcillas están formadas por láminas, una alumínica entre dos silícicas las cuales se superponen indefinidamente. Principalmente se forman debido a la meteorización del feldespato plagioclasas en depósitos de ceniza volcánica y la unión entre sus retículas es débil, esto genera principalmente a este grupo inestabilidad en presencia de agua (Whitlow y Delgado, 1998).

#### **4.8.3 Illita**

Tienen una estructura similar a las montmorilonitas y se diferencia debido a que, en su estructura interna presentan grumos de materia, su composición mecánica permite formas más favorables (Garay y Mena, 2007b).

Whitlow y Delgado, (1998) manifiestan que, la illita es el efecto de la meteorización de las micas, se presenta en forma de hojuelas y su estructura está conformada por arreglos de tres láminas de gibsita con los iones de K, proporcionando la unión entre láminas contiguas de sílice.

Las partículas de este grupo de arcillas son más pequeñas y delgadas que la caolinita, lo que provoca que la formación de enlaces sea más débil, su expansibilidad es menor que la montmorillonita; y, usualmente estas arcillas permiten un trabajo mecánico más favorables para el ingeniero (Juárez y Rodriguez, 2005).

#### **4.8.4 Vermiculita**

Está compuesta principalmente de productos de la meteorización de la biotita y la clorita. Su estructura es idéntica a la montmorillonita, solo que en este grupo, es el catión Mg el que proporciona los enlaces entre láminas, acompañados por algunas moléculas de agua (Whitlow y Delgado, 1998).

### **4.9 Formación de yacimientos arcillosos**

Las condiciones ambientales para que se lleve a cabo la formación de yacimientos arcillosos depende de la cantidad de sedimentos marinos y continentales pre existentes en la naturaleza, y a su vez, pueden ser procedentes de depósitos volcánicos o de la meteorización de rocas (Barreto *et al.*, 2018).

Sánchez *et al.* (2018) mencionan, que la evolución de las subcuencas origina la aparición de formaciones sedimentarias litológicamente diferentes, dando como resultado la

alineación de capas de material arcilloso. Los autores aluden en su caso de estudio, en el área metropolitana de Cúcuta que, estas formaciones surgieron en la edad de oligoceno y el mioceno llegando a extenderse hasta el plioceno, y las arcillas que se encuentran aquí presentes, generalmente son asociadas a lutitas, lodolitas, areniscas entre las más importantes.

Los yacimientos son de difícil explotación, ya que, existen numerosas intercalaciones de areniscas. Sin embargo, la mayor parte de los yacimientos y explotaciones de arcillas del Neógeno aprovechan materiales de esta edad, por lo que, son arcillas en ocasiones limosas o areniscas muy frágiles (Campos, 1981).

#### **4.10 Inventarios de yacimientos mineralógicos**

El inventario de yacimientos minerales es un registro de los depósitos minerales existentes en una determinada región, en el que, se consigna información detallada sobre su ubicación, estado y características geológicas. Es un instrumento de gestión que, debe ser mejorado de manera constante y permite contar con información verídica para los procesos de zonificación ecológica, económica y planes de ordenamiento territorial (Rodríguez, 2013).

La definición de inventario de un recurso mineralógico, tiene relación con el levantamiento geológico sistemático, a escala regional o local a nivel detallado, y son importantes porque, con ellos se puede conocer específicamente, donde se encuentran áreas de explotación que pueden ser concesionadas para obtener un beneficio económico (Unidad Técnica del Proyecto Panamá, 1978).

Al mismo tiempo, en muchos países se utilizan diferentes tipos de servicios geológicos, en donde, se encuentran mapas para el fortalecimiento del conocimiento del umbral geológico. Al tener el levantamiento geológico de un lugar, se pueden realizar proyecciones en el tiempo de cuanto sería la vida útil de una reserva mineral. Así mismo, se pueden descubrir zonas de interés o de anomalías para procesos de exploración e intervención. (Unidad Técnica del Proyecto Panamá, 1978).

#### **4.11 Reservorios para almacenar agua**

La utilización de reservorios para almacenamiento de agua brinda ventajas como la disponibilidad de esta, en situaciones de escases o estaciones de verano. En actividades agrícolas, los principales métodos de cosecha de agua para el almacenamiento son: quebradas, ríos, aguas lluvias. El garantizar la disponibilidad de agua mediante reservorios se ve reflejado en el aumento de producción y beneficios, dado que, permite realizar actividades de siembra

durante todo el año. Existen diferentes tipos de reservorios y su estructura depende de su función y el lugar (Salinas y Morales, 2010).

#### **4.11.1 *Reservorio tipo dique represa***

Este tipo de reservorio permite almacenar agua sobre la superficie del terreno, y su construcción se aplica a áreas con pendientes, cuya represa pueda ser levantada transversalmente y con una profundidad de 90 cm o superior. Por lo general, este tipo de reservorios se llena por escorrentía y para evitar la infiltración del agua, se utiliza un revestimiento de geo membrana, PVC o plástico (Salinas y Morales, 2010).

#### **4.11.2 *Reservorio excavado***

A diferencia del tipo dique, el reservorio excavado se caracteriza por almacenar el agua por debajo del nivel de la superficie del terreno. Su construcción se realiza en terrenos planos, y los principales métodos de llenado son por escorrentía (Salinas y Morales, 2010).

#### **4.11.3 *Reservorio tipo estanque***

Representa similitudes al reservorio tipo excavado, pero su diferencia radica en que el agua almacenada puede estar sobre el nivel del suelo, esto debido a que se construyen paredes. La construcción se realiza con materiales como concreto, en zonas cuyo suelo tiene alto nivel de infiltración de agua, aunque también puede ser cubierto con geomembrana PVC o suelo arcilloso (Salinas y Morales, 2010).

#### **4.11.4 *Reservorio tipo envase***

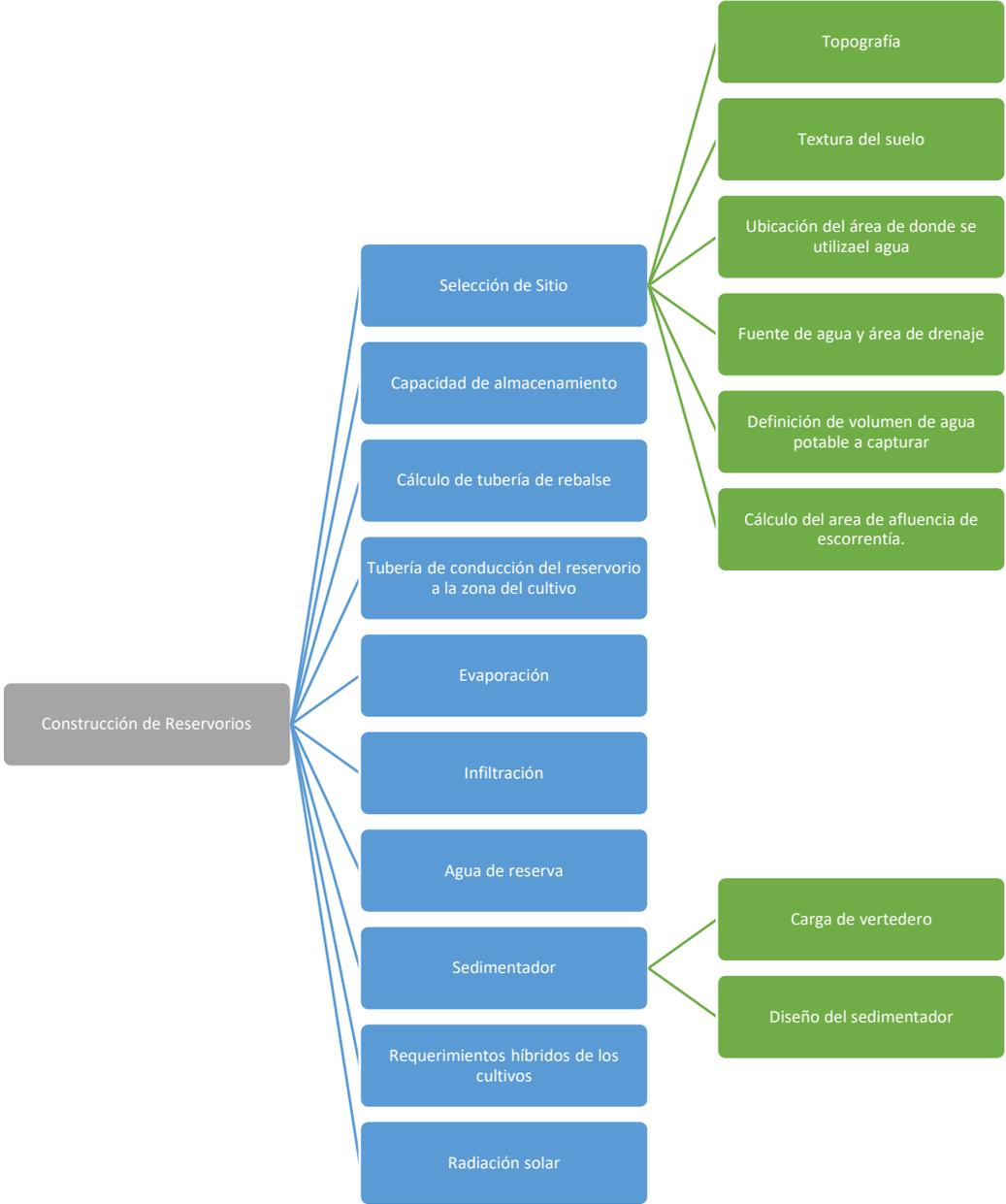
Este tipo de reservorios pueden ser de diferentes tipos: plásticos, cisternas, concreto, metálico. Mayormente se utilizan en la recolección de agua lluvia, debido a que poseen bajo nivel de almacenamiento, es por lo que se destinan a huertas o actividades que requieren poca agua (Salinas y Morales, 2010).

#### **4.11.5 *Reservorio tipo dique escalonado***

Al igual que el tipo dique represa se construyen en lugares con pendiente, pero se construyen varios diques en serie. Entre los beneficios que logran los diques escalonados es el abaratamiento de costos (Salinas y Morales, 2010).

### **4.12 Elementos de un reservorio**

La construcción se centra en dos aspectos: el estructural que se refiere al sistema de muro, el hidráulico que se refiere a las dimensiones necesarias y características hídricas de la zona Salinas y Morales, (2010). En la Figura 2 se observan algunos elementos clave para la construcción de un reservorio.



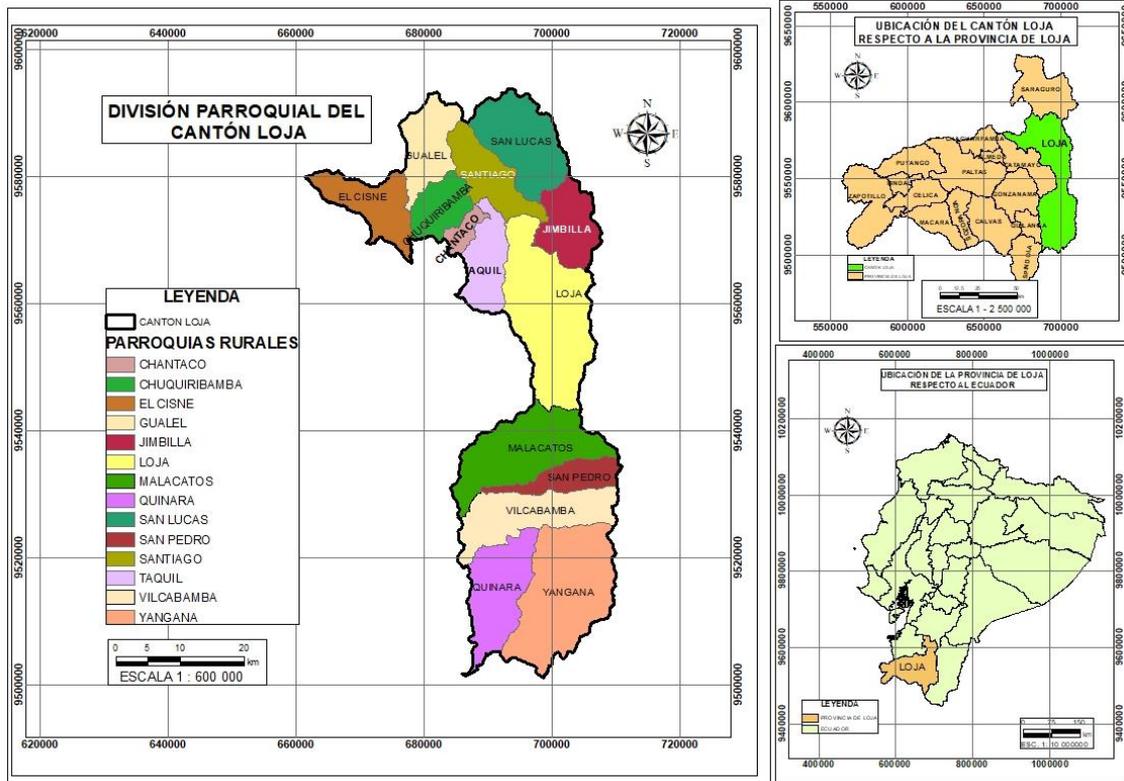
**Figura 2.** Elementos para la construcción de reservorio.  
**Fuente:** la Autora.

## 5. Metodología

### 5.1 Área de estudio

En la Figura 3 se presenta la ubicación geográfica del área de investigación.

#### 5.1.1 Ubicación geográfica de la investigación



**Figura 3.** Mapa de la zona de estudio.

**Fuente.** La Autora

El área de estudio está ubicada en el cantón Loja, situado en la zona Austral, comparte territorios geográficos con dos regiones: Interandina y Litoral, en las coordenadas WGS 84 UTM Zona 17 Sur las cuales son Norte 9575183.40 m Este 683891.10 m con una elevación de 2200 m.s.n.m.

## **5.2 Materiales y métodos**

En el siguiente apartado se detalla cada uno de los materiales utilizados a nivel de campo y de oficina.

### **5.2.1 Materiales de campo.**

- 1 GPS Garmin eTrex Vista HCx
- 1 carta geológica del cantón Loja a escala 1:100.000
- 37 etiquetas de identificación de afloramiento
- 1 cámara fotográfica del celular Android Xiaomi Note 10pro
- 1 bolígrafo color azul
- 1 libreta de apuntes

### **5.2.2 Materiales de oficina.**

- Sistemas de información geográfico (SIG)
- Hoja de cálculo

Para cumplir con los objetivos propuestos del presente trabajo de titulación se dividió en tres fases: pre-campo, campo y gabinete, a continuación, se detalla cada uno de los procedimientos.

## **5.3 Realización del estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.**

La investigación para la estructuración del estado del arte se realizó a través de un diseño con enfoque cualitativo e interpretativo, de tipo documental. Se recopilaron un total de 18 documentos: artículos científicos, trabajos de investigación y libros.

El proceso de recopilación de información para elaborar el estado del arte fue el siguiente:

Se accedió por medio de Google académico a la búsqueda de la información utilizando palabras claves como: inventarios de arcilla, inventario de materiales metálicos y no metálicos, arcilla como impermeabilizante de reservorio, etc.

Elaboración del estado del arte con los insumos obtenidos, seguidamente se realizó la jerarquización en los ámbitos internacional, nacional y local.

Una vez obtenidos los documentos se realizó una lectura analítica de cada uno de los documentos y se relacionó la información entre las diferentes fuentes bibliográficas.

Obtención de información clave relacionada con la temática de la investigación.

Elaboración del estado del arte en función de la información que se obtuvo a través de la jerarquización.

#### 5.4 Identificación de los yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y comprobación mediante el reconocimiento en campo.

En el siguiente apartado mediante el mapeo cartográfico se identificó los sitios que contienen mayor potencial de material arcilloso. seguidamente, se describió la etapa de pre-campo donde se menciona los aspectos necesarios a considerar y la etapa de campo donde se indica a detalle el proceso de identificación de los yacimientos.

La investigación de campo corresponde a la etapa explorativa del proyecto que consistió en la observación directa in-situ, donde se pudo levantar la información georreferenciada de los yacimientos de arcilla en las 12 parroquias del cantón Loja previamente identificados con la carta geológica a una escala 1:1.000.000.

A continuación, se describe cada una de las etapas del segundo objetivo.

##### 5.4.1 Trabajo de pre-campo

Previo a la salida de campo, mediante sistemas de información geográfica se identificaron cuáles son los sectores de las parroquias del cantón Loja que presentan mayor área de arcilla ver Tala 1, para ello, se tomó la geopedología generada entre los años 2014 y 2015 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través del programa SIGTIERRAS.

**Tabla 1.** Sectores de la zona de estudio

Zona	Sector	Parroquia	Codificación
NOROCCIDENTE	Llunlla	Gualel	G1
	Rodeo	Gualel	G2
	El Ari	Gualel	G3
	Romero	Chuquiribamba	Ch1
	Palta	Chuquiribamba	Ch2
	Guailas Grande	Chuquiribamba	Ch3
	Guailas	Chuquiribamba	Ch4
	Tesalia Alto	Chuquiribamba	Ch5
	Cerro Santo Domingo	Chuquiribamba	Ch6
	San Sigre	Chuquiribamba	Ch7

	San Antonio	Chuquiribamba	Ch8
	Gonzabal	Taquil	T1
	Cahuachi	Chantaco	Cha1
	Chantaco Alto	Chantaco	Cha2
	La Noma	El Cisne	Cis1
	La Ramada	El Cisne	Cis2
NORORIENTE	Vinuyacu Chico	San Lucas	SL1
	Vinuyacu	San Lucas	SL2
	Las Palmas	El Sagrario	L1
	Buena Esperanza	El Sagrario	L2
	Buena Esperanza	El Sagrario	L2
	La Palmira	El Sagrario	L3
	San Cayetano Bajo	El Valle	L4
	San Cayetano Bajo	El Valle	L4
	Florencia	Carigán	L5
	Florencia	Carigán	L5
	Lágrimas	Carigán	L6
	Lágrimas	Carigán	L6
	Sayo	Santiago	S1
	SUR	Taxiche	Malacatos
La Calera		Malacatos	M2
Ceibopamba		Malacatos	M3
Trinidad		Malacatos	M4
Santo Domingo		Malacatos	M5
Yamburara Alto		Malacatos	M6
Quinara		Quinara	Q1
Quinara		Quinara	Q2
Yangana		Yangana	Y1
Yangana		Yangana	Y2
Yangana		Yangana	Y3
Capamaco	Vilcabamba	V1	

**Fuente:** La autora.

### 5.4.2 Trabajo en campo

Con ayuda del GPS Garmin eTrex Vista HCx se obtuvo las coordenadas de cada uno de los afloramientos, la información obtenida fue registrada en las fichas de identificación tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Ficha de descripción de afloramientos

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS	
AFLORAMIENTO	RESPONSABLE
UBICACIÓN	X
	Y
	Z
FORMACIÓN GEOLÓGICA	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
DESCRIPCIÓN	

Fuente: La autora.

### 5.5 Documentación de la información recolectada y elaboración del inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presentan mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.

Para la elaboración del inventario de arcilla una vez recabada la información obtenida en campo, primeramente, se tomó los puntos de información geográfica, seguidamente los datos fueron ingresados al software, donde se generó los mapas de cada parroquia del cantón Loja se los represento y se los complemento con las características físico-mecánicas del trabajo de titulación de (Capa, 2023).

#### 5.5.1 Procesamiento de la información mediante SIG

Para cumplir con el procesamiento de la información mediante SIG, se obtuvieron los siguientes 5 mapas base del cantón Loja: muestreo, geopedología, orientación por zonas, topografía y división parroquial. Estos sirven como base para dar continuidad a la elaboración de los mapas por parroquia, como se detalla en el Anexo 2.

Posteriormente, se llevó a cabo la segmentación de la información para cada una de las 12 parroquias del cantón Loja. Esta segmentación se realizó mediante la distribución de capas temáticas que incluyen componentes como: muestreo, poblados, curvas de nivel, red hídrica, vías, parroquias y geopedología.

Luego de organizar la información, se exportaron los datos generados previamente desde la base de datos al formato shp. Seguidamente, se procedió al análisis de estos datos utilizando los sistemas de información geográfica. Finalmente, a través del software especializado, se generó el mapa correspondiente a cada parroquia del cantón Loja.

## 6. Resultados

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos planteados.

### 6.1 Estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.

Después de la búsqueda de la información, lectura y jerarquización se ha llegado a los resultados que se describe a continuación: con las palabras claves ingresadas a Google académico, se encontraron las investigaciones denominadas: Inventario Nacional de arcillas, Geología de yacimientos de arcillas plásticas para la elaboración de cerámica blanca y refractarios en las regiones vi y vii, Chile, entre otras que se describen a continuación las cuales fueron de gran utilidad para los resultados del estado del arte.

#### 6.1.1 Yacimientos de arcilla a nivel mundial

En el documento denominado “Inventario Nacional de Arcillas Especiales”, realizado por Baltuille *et al.*, (2002) entre julio de 1999 y abril de 2000 menciona a los minerales arcillosos como: palygorskita, sepiolita, montmorillonita y bentonita, las cuales tienen una gran utilidad en el sector industrial.

Según Galán & Pozo, (2011) la palygorskita se explota en EE.UU (más del 80 % de la producción mundial), Senegal (10 %), España (4 %), Australia (2,5 %) y Sudáfrica (0,5 %). Esporádicamente o con escasa producción también se explota en la India, Turquía y Francia; siendo la producción total es superior a 1,00.000 T (toneladas).

Alonso *et al.*, (1986) menciona que, en cuanto a la sepiolita, prácticamente España es el principal país productor, con más de 4,00.000 T (toneladas), además, hay una pequeña producción en EE.UU. y en Turquía, finalmente, en la antigua Unión Soviética (URSS) se conoce que existen importantes yacimientos de palygorskita que son explotados para el mercado de los denominados “países del Este” entre ellos Armenia, Polonia, Georgia, entre otros.

Hosterman y Patterson, (1522) mencionan que uno de los reservorios más importantes registrados es también el que se encuentra en Distrito de Meigs-AttapuIcus-Quincy (Georgia-Florida) de EE.UU., el cual se trata de una región rica en arcillas (palygorskita, sepiolita, montmorillonita) de suave relieve, que forma parte del Coastal Plain. Los depósitos de arcillas palygorskíticas se extienden unos 80  $km^2$ , al sur de Georgia y al norte de Florida. Su

importancia se constata al observar que proporciona entorno al 66 % de la producción de fuller's earth (tierras de batán- bentonitas calcarías con gran poder de absorción).

Casares *et al.* (1960) mencionan, que dos reservorios de Sepiolita más grandes de Europa se encuentran en la cuenca del Tajo (Madrid) y en el yacimiento de sepiolita de Vallecas-Vicálvaro (Madrid), cuyas reservas superan los 20 millones de toneladas, posiblemente llegando a 45 millones, lo que representa el 70% del total mundial.

Baltuille *et al.* (2002) menciona, que en China también existen depósitos de sepiolitas, los cuales son depósitos pertenecientes al Pérmico inferior, asociados con facies de carbón (hulla, antracita), la sepiolita está como mineral neoforado o precipitado en ambiente perimarino, y por metamorfismo de bajo grado se ha transformado parcialmente en talco. Aquí los contenidos medios en sepiolita son del 50 %, con 1-2 m de extensión en cada uno de los niveles de interés. Este mismo autor indica que, la palygorskita tiene una extensión de 12-16 m, como se presentan en los yacimientos de Torrejón el Rubio y de Lebrija (Sevilla), en donde, la continuidad entre pizarras-arcillas palygorskíticas, observada en algunos puntos, sugiere la formación de palygorskita por transformación de clorita (mecanismo de disolución / precipitación), y en parte, por autogénesis en medio alcalino, a partir, de los cationes liberados en el medio, tras la destrucción de la clorita en medio ácido. Los recubrimientos son de 5-10 m y las capas (lenticulares) presentan potencias muy variables (2-10 m).

Pozo (1987) sostiene, que existen numerosos afloramientos de sepiolita/palygorskita en la Cuenca de Madrid, la mayoría situados en las "Facies de Transición", que pueden ser explotados localmente para cualquiera de los dos minerales o como tierras decolorantes. La empresa TOLSA, S.A. posee una extensión de 1 km<sup>2</sup> de tierra, con profundidad media de la sepiolita a 120 m, mismas que incluyen unas reservas con 650,000 t seguras y 4 m probables que no están en explotación.

Baltuille *et al.* (2002) menciona, que en Australia en 1979 se comenzó la explotación de un yacimiento en Lake Nerramyne en la zona Occidental, cuyo depósito tiene 23 de largo y 5 km de ancho. Así mismo, en México en la zona occidental de la península del Yucatán, se presentan finos lentejones de palygorskita, con una extensión de varias decenas de metros, en ocasiones la palygorskita está acompañada por sepiolita, que puede llegar a ser mayoritaria.

Según Tlili *et al.* (2010) en la India en el distrito de Bhavnagar, Estado de Gujrat, se explota la palygorskita con reservas estimadas en 800.000 toneladas, otros grandes yacimientos de palygorskita se han identificado en Timsanpalli-Marepalli, el cual cuenta con reservas

superiores a los 14 metros. Según Hosterman y Patterson, (2002) señala que la bentonita es uno de los minerales clave presentes en las arcillas, con importantes depósitos en varios países. Estados Unidos encabeza la producción anual con más de 4 megatoneladas (Mt), seguido de la antigua URSS con 1,1 Mt, Grecia con 950,000 toneladas, Turquía con 600,000 toneladas, y Alemania e Italia con 500,000 toneladas cada uno. Japón produce 487,000 toneladas, mientras que España se encuentra en un rango menor con 150,000 toneladas.

Baltuille *et al.* (2002) indica, que en África, Argelia y Marruecos albergan las principales reservas de bentonita, especialmente en formaciones volcánicas. En Marruecos, la bentonita es mayormente cálcica y rica en magnesio (Mg), utilizada principalmente en lodos de sondeo. En América, Brasil, Canadá, Chile y Perú tienen reservas significativas de bentonita, tanto de tipo cálcico como sódico, con capas de hasta 2.5-3.3 metros de extensión. En Canadá, las reservas se encuentran en regiones occidentales y noroccidentales como Alberta, Manitoba, Columbia Británica y Saskatchewan, mientras que en Perú se han identificado tierras de batán (fuller's earth) y bentonita terciaria en varias localidades como Pisco, Paita, Cañete y Contralmirante Villar.

Carrasco *et al.* (2003) estudio diversos depósitos de interés geológico, en la región costa de Pichilemu y en Cauquenes pertenecientes a Chile; uno de los cuales está ubicado en el barrio San Francisco, se caracteriza por dos estratos de arcilla de tono gris azulado, con espesores que varían entre 2 y 3 m, en la primera capa y alrededor de 5 m en la segunda, alternando con gravas de clastos graníticos y arenas limosas; mientras que, el depósito en el barrio Peralillo consta de una capa de arcilla de color gris claro, de 1,5 a 2 m de espesor, sobre la cual se superpone una sobrecarga de materiales clásticos de 5 m de grosor. Por otro lado, en la zona de Cauquenes se han identificado varios depósitos de naturaleza sedimentaria clástica. En los barrios Tenequin y El Roble, está compuesto por dos estratos de arcilla, siendo el inferior de color gris y con grosores entre 1 a 3 m, mientras que el superior tiene tono gris parduzco y espesor de 1,5 m. De manera similar, los depósitos de los barrios Miguel, San José, Arenal y Urano constan de dos capas de arcilla, siendo la superior de tono gris amarillento y con un espesor de 1,5 m, y la inferior de color gris y con un espesor visible de 2 m.

### 6.1.2 Yacimientos de arcilla a nivel nacional

En Ecuador también se han realizado varios estudios sobre yacimiento de arcilla, entre los cuales se encuentran los siguientes.

Uribe (2015) en la investigación realizada en Ecuador denominada “Inventario de materias primas minerales No-metálicas”, cuyo objetivo fue generar una base de datos de materias primas arcillosas para uso del sector cerámico artesanal e industrial del país, esta investigación se llevó a cabo en el país. El proceso de investigación incluyó dos fases: prospección, que buscaba indicios de áreas mineralizadas, y exploración, para determinar el tamaño, forma, contenido y calidad del mineral, para lo cual, se tomaron muestras representativas que fueron analizadas en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico - INEMIN y en laboratorios alemanes de cooperación técnica. Los resultados mostraron que Pichincha, Manabí, Esmeraldas Azuay y Loja tenían 53, 30, 19, 11 y 8 depósitos de yacimientos de arcilla, respectivamente.

Así mismo, Cornejo (2017) en su estudio “Depósitos minerales no metálicos del Ecuador” menciona que, en el país se explotan arcillas dentro de 75 áreas y la mayor concentración se localiza en la región Austral en las cuencas intramontañosas de Cuenca - Biblián-San Fernando y Loja-Malacatos-Catamayo. Estas arcillas están relacionadas a cuencas sedimentarias lacustres del Mioceno; identificando que los caolines están relacionados a depósitos residuales, producto de la meteorización de rocas volcánicas de composición ácida; se explotan en las áreas mineras localizadas en la región Austral (formaciones Tarqui y Saraguro) constituidas de tobas, depósitos piroclásticos y lavas de composición riolítica y traquítica; están regionalmente caolinizadas, aspecto que se reconoce por su color blanco característico. Además de las arcillas Bentonitas que predominan en la Formación San Cayetano: ubicada en las cuencas sedimentarias miocénicas de Loja y Malacatos-Catamayo, ocurren arcillas esmectíticas.

Por otro lado, Morales *et al.* (2006) en su investigación “Estado del arte de la arcilla de la provincia del Guayas y su proyección a la península de Santa Elena, Ecuador”, menciona que, la arcilla estudiada pertenece al grupo Ancón, del Eoceno Medio a Superior y proviene de la alteración por neoformación de cenizas del volcanismo andino, concluye que se trata de una arcilla bentonítica cálcica. Ensayos de activación ácida mostraron que es posible obtener arcilla modificada químicamente, que podría ser utilizada en nuevas industrias a pequeña escala.

Además, Wisum (2018) en su investigación localizó la materia prima óptima proveniente de las formaciones Tena y Mera (Cantón-Macas) con características físicas y químicas idóneas para fabricación de ladrillos cerámicos, debido a que poseen un índice de plasticidad que van de 12,05 % a 16,06%, brindando mayor trabajabilidad y durabilidad al ladrillo.

### **6.1.3 Yacimientos de arcilla en el cantón de Loja.**

A continuación, se presentan los resultados de algunas investigaciones sobre arcilla en el cantón Loja.

Benavides *et al.* (1989) realizó la búsqueda de yacimientos de arcilla a través de tareas específicas de prospección, respaldadas por bases geológicas, para ellos se emplearon dos métodos: prospección y muestreo; siendo una parte crucial del proceso el mapeo geológico, utilizando la Carta Geológica del IGM a escala 1:100,000 como referencia para comprender la distribución y la relación entre diferentes tipos de rocas en la región. El método de prospección superficial se utilizó para investigar yacimientos de arcilla, identificando varios sitios con altos porcentajes de arcilla como El Calvario (51,7%), ubicado en el kilómetro uno de la vía Loja-Zamora (58,3%), Cruz de Yaguarcuna (58,2%), Km 6 camino Argelia (55,5%), Tierras Coloradas (47,0%), Salapa Alto (45,9%), Panecillo (54,0%) y vía a Zamora Huayco (60,0%). La Formación San Cayetano es la más prometedora para la explotación de arcilla, ubicadas en la parte sur de la cuenca sedimentaria, intercaladas con tierras diatomáceas y conglomerados, que oscila entre 0,5 m y 2 m (metros), mostrando afloramientos de arcilla con una potencia que varía entre 1 y 3 m, sugiriendo la existencia de reservas.

También Cadena (2013), ejecutó el estudio denominado “Presencia de montmorillonita en arcillas de la cuenca sedimentaria miocénica de Loja mediante técnicas de espectroscopia molecular”, empleando la difracción de rayos X y los datos obtenidos de estudios químicos como capacidad de intercambio catiónico y fluorescencia de rayos X, determino que las muestras presentaron mayor superficie específica resultando ser montmorilloníticas, con potencial para ser utilizada en la purificador de agua.

## **6.2 Usos de las arcillas**

Se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre la utilización de arcillas en distintas regiones geográficas. De acuerdo a Baltuille *et al.* (2002) la palygorskita se emplea en diversos sectores, como en absorbentes, refinado de petróleo, fertilizantes, cosméticos, entre otros,

mientras que la bentonita es fundamental en la producción de lodos, lo que la hace altamente demandada en la industria y la construcción. Así mismo, Carrasco *et al.* (2003) menciona que la arcilla caolinita se reconoce como una fuente vital para la producción de diversos productos como cerámica de yeso, mesas de comedor, sanitarios, porcelana decorativa y ladrillos refractarios. Además, Garay (2021) indica que la arcilla se utiliza extensamente en la fabricación de ladrillos artesanales y tradicionales, representando aproximadamente el 50% de su uso, mientras que un 15% se destina a la industria cerámica fina como lo menciona Uribe (2015). Estas arcillas son particularmente adecuadas para la producción de ladrillos cerámicos debido a sus características físicas Wisum (2018). Por último, en investigaciones realizadas en el cantón Loja han demostrado que la arcilla ha sido utilizada con fines industriales como: la fabricación de tejas, ladrillos, adobe, cerámica y utensilios de cocina según mencionan los diferentes autores Flores (2013), Benavides y Benavides (2002) y Tello (2013).

### **6.3 Identificación de yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y comprobación mediante el reconocimiento en campo.**

En los resultados del segundo objetivo se describe la parte geológica de cada uno de los afloramientos que fueron previamente identificados con los sistemas de información geográfica, seguidamente, se presenta la descripción de cada uno de los 37 afloramientos georreferenciados.

#### **6.3.1 Afloramiento A1-G1.**

Está ubicado junto a una vía de segundo orden, que conduce desde la parroquia Chuquiribamba a Gualiel (681874m E; 9579942m N; 2628 m.s.n.m), contiene una capa de cobertura vegetal y pertenece a la Formación Sacapalca. Su composición litológica corresponde a rocas graníticas y biotitas de grano medio, ambas de origen volcánico. En la zona de estudio, se ha evidenciado la presencia de material arcilloso que presenta un color amarillento claro (ver Figura 4).



**Figura 4.** Afloramiento 1 del sector San Francisco de la parroquia Gualiel.

**Fuente:** La autora.

#### **6.3.2 Afloramiento A2-G2.**

El afloramiento, ubicado en una vía de tercer orden, que va desde Gualiel a la parte alta posee una capa de cobertura vegetal y corresponde a la Formación Celica. (9584787 m N, 679723 m E, 2708 m.s.n.m.) litológicamente, está formado por lavas andesíticas verdosas que están localmente alteradas y meteorizadas, con intercalaciones tobáceas. En el lugar de estudio,

se ha evidenciado la presencia de material disgregado producto de la meteorización. Este presenta una coloración marrón, causada por la presencia de óxidos de hierro (ver Figura 5).



**Figura 5.** Afloramiento 2 del sector Rodeo, parroquia Gualiel.

**Fuente:** La autora.

### 6.3.3 Afloramiento A3-G3.

Ubicado junto a la vía principal que conduce desde la parroquia el Cisne a Gualiel (9578672.8 m N, 678087 m E, 2508.55 m.s.n.m.), pertenece a la Formación Celica. Compuesto por lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas, meteorizadas e intercalaciones tobáceas. Este afloramiento presenta una capa de cobertura vegetal, existe la presencia de material sedimentario no meteorizado de color marrón; en la parte baja, se observa deslizamientos de depósitos coluviales (ver Figura 6).



**Figura 6.** Afloramiento 3 del sector El Ari, parroquia Gualiel.

**Fuente:** La autora.

#### 6.3.4 Afloramiento A4-Ch1.

Se encuentra ubicado al norte de la parroquia Chuquiribamba, en una vía de segundo orden que actualmente se encuentra habilitada, contiene abundante cobertura vegetal, pertenece a la Formación Sacapalca, (683409 m E; 9579709 m N; 2675 m.s.n.m.), compuesto por andesitas porfiríticas grisáceas, tobas localmente meteorizadas y aglomerados, también está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas. Mediante la observación en campo, se ha evidenciado material disgregado, arcillas rojizas y una capa considerable de cobertura vegetal. (ver Figura 7).



**Figura 7.** Afloramiento 4, sector Romero de la parroquia Chuquiribamba.

**Fuente:** La autora.

#### 6.3.5 Afloramiento A5-Ch2.

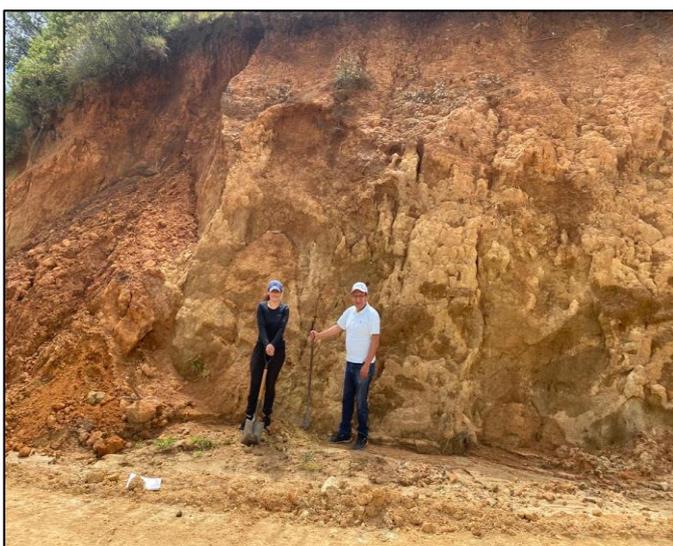
Se encuentra junto a la vía que conduce desde Chuquiribamba hacia Gualiel que corresponde a una vía de primer orden, actualmente se encuentra habilitada. Este afloramiento contiene cobertura vegetal y corresponde a la Formación Sacapalca (682772 m E; 957732 m N; 2738 m.s.n.m.) cuenta con una litología de Andesitas porfídicas grisáceas, tobas meteorizadas y aglomerados. A su vez, está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas. En el lugar de estudio, existe la presencia de material disgregado y meteorizado de color marrón y rojizo, además de rocas altamente meteorizadas (ver Figura 8).



**Figura 8.** Afloramiento 5, sector Palta de la parroquia Chuquiribamba.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.6 Afloramiento A6-Ch3.

Corresponde a la Formación Sacapalca (679285 m E; 9573729 m N; 2457 m.s.n.m.), este afloramiento se encuentra ubicado en una vía de segundo orden, que conduce desde Chuquiribamba hacia el barrio Saracune, contiene cobertura vegetal, posee rocas graníticas, biotitas de grano medio y tiene un origen de secuencias volcánicas. En la zona de estudio se evidencia material suelto no consolidado que presenta estructuras de bloques de color marrón con tonalidades rojizas (ver Figura 9).



**Figura 9.** Afloramiento 6, del barrio Guailas Grande de la parroquia Chuquiribamba.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.7 Afloramiento A7-Ch4.

Afloramiento que se ubica en la vía Chuquiribamba- Guayllas Grande, actualmente se encuentra habilitada, pertenece a la Formación Sacapalca (679748 m E; 9573676 m N; 2526 m.s.n.m.), presenta litología de rocas graníticas, biotitas de grano medio, tiene un origen de secuencias volcánicas, a su vez, lavas de color marrón a gris en diferentes proporciones. En la zona de estudio se ha evidenciado que existen arcillas con una estructura masiva de coloración marrón y betas grises, en la parte superior; presenta material compactado. (ver Figura 10).



**Figura 10.** Afloramiento 7, del barrio Guayllas perteneciente a la parroquia Chuquiribamba.

**Fuente:** La autora.

### 6.3.8 Afloramiento A8-Ch5.

Corresponde a una vía de segundo orden, actualmente se encuentra habilitada, el afloramiento pertenece a la Formación Sacapalca (681268 m E; 9573998 m N; 2699 m.s.n.m.) está compuesto de rocas graníticas, biotitas de grano medio, tiene un origen de secuencia volcánica. En el área de estudio, se destacó la presencia de materiales a granel no ligados, lo que muestra una estructura de terrones compactados, de color marrón y rojizo debido al alto contenido de hierro (ver Figura 11).



**Figura 11.** Afloramiento 8, perteneciente al sector Tesalia Alto, parroquia Chuquiribamba.

**Fuente:** La autora.

#### **6.3.9 Afloramiento A9-Ch6.**

Afloramiento conformado litológicamente de rocas graníticas, biotitas de grano medio, tiene un origen de secuencias volcánicas, se encuentra ubicado junto a la vía principal que conduce a la parroquia Gualiel, el afloramiento contiene cobertura vegetal, pertenece a la Formación Sacapalca. (682762 m E; 9573734 m N; 2849 m.s.n.m.) En la zona de estudio se observó material disgregado con betas de color grises oscuro y arcillas rojizas. En la parte superior muestra conglomerados con clastos pequeños, en la parte inferior rocas de gran dimensión (ver Figura 12).



**Figura 12.** Afloramiento 9, sector Santo Domingo parroquia Chuquiribamba.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.10 Afloramiento A10-Ch7.

Corresponde a la Formación Sacapalca, (683116 m E; 9575931 m N; 2834 m.s.n.m.) se encuentra ubicado a la izquierda de una vía de segundo orden, entre el nudo de San Sigre y el cerro Santa Bárbara, actualmente transitada, posee una capa de cobertura vegetal. Está constituida litológicamente por andesitas porfiríticas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas. En la zona de estudio, existe presencia de suelo arcilloso, lo cual fue identificada por medio del tacto, presenta una coloración rojiza, esto se debe a la presencia de óxidos de hierro (ver Figura 13).



**Figura 13.** Afloramiento 10, sector San Sigre, parroquia Chuquiribamba.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.11 Afloramiento A11-Ch8.

Este afloramiento pertenece a la Formación Sacapalca, (683205 m E; 9575378 m N; 2758 m.s.n.m.) se encuentra en el sector San Antonio a lado de una vía de segundo orden, presenta una litología de tobas andesíticas porfiríticas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados. En la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de material disgregado de coloración marrón, el afloramiento posee abundante cobertura vegetal (ver Figura 14).



**Figura 14.** Afloramiento 11, sector San Antonio parroquia Chuquiribamba.  
**Fuente:** La autora.

#### **6.3.12 Afloramiento A12-T1.**

Se encuentra ubicado a la derecha de una vía de segundo orden, que conduce desde Taquil a Chuquiribamba, corresponde a la Formación Sacapalca. (688644 m E; 9569030 m N; 2101 m.s.n.m.). Este afloramiento contiene una capa de cobertura vegetal, y se encuentra situado en la hacienda Gonzabal, presenta una litología de rocas graníticas, biotitas de grano medio tiene un origen de secuencias volcánicas. Mediante la visita in-situ, se ha evidenciado la presencia de material disgregado arcilloso de color negro orgánico. Cabe mencionar que, el afloramiento tiene una estructura masiva y material de regolito (ver Figura 15).



**Figura 15.** Afloramiento 12, sector Gonzabal de la parroquia Taquil.  
**Fuente** La autora.

### 6.3.13 Afloramiento A13-Cha1.

Afloramiento que se encuentra ubicado en el sector Chuachi, a la derecha de una vía de segundo orden actualmente transitada, contiene una capa de cobertura vegetal pertenece a la Formación Sacapalca. (685872 m E; 9568398 m N; 2079 m.s.n.m.) Presenta rocas graníticas, biotitas de grano medio, tiene un origen de secuencias volcánicas, la secuencia incluye tobas líticas, brechas, niveles conglomeráticos granodecrecientes con estratificación cruzada local y lavas andesito-basálticas subporfiríticas. En la zona de estudio, se ha evidenciado en la parte superior la presencia de conglomerado de clastos grandes, con una matriz arenosa bien compactada, en la parte inferior clastos pequeños angulares, así como vetas rojizas producto de los óxidos de hierro (ver Figura 16).



**Figura 16.** Afloramiento 13, sector Cahuachi perteneciente a la parroquia Chantaco.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.14 Afloramiento A14-Cha2.

Pertenece a la Formación Sacapalca, (685227 m E; 9571611 m N; 2330 m.s.n.m.) Ubicado en el barrio de Chantaco Alto junto al cementerio, contiene una capa de cobertura vegetal. presenta una litología de, Andesitas porfiríticas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados. La Formación Sacapalca también está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas. En la zona de estudio se ha evidenciado que existe la presencia de material arcilloso compactado de color rojizo (ver Figura 17).



**Figura 17.** Afloramiento 14, sector Chantaco Alto perteneciente a la parroquia Chantaco.

**Fuente:** La autora.

#### **6.3.15 Afloramiento A15-M1.**

Este afloramiento contiene una capa de cobertura vegetal, se encuentra ubicado junto a la vía de primer orden que conduce a Vilcabamba, corresponde a la Formación Quillollaco, (694815 m E; 9533402 m N; 1532 m.s.n.m.) presenta una litología de bloques angulosos, fracturados de centímetros a métricos, soportados en matriz limo arenosa. Contienen abundantes cristales de cuarzo y fragmentos de filita de más de 4 cm de diámetro. Mediante la observación en la zona de estudio se ha evidenciado conglomerados con una matriz limo arenosa de color grisáceo con alto contenido de arena y grava (ver Figura 18).



**Figura 18.** Afloramiento 15, sector Taxiche de la parroquia Malacatos.  
**Fuente:** La autora.

#### **6.3.16 Afloramiento A16-M2.**

Este afloramiento, se encuentra ubicado al margen izquierdo de la vía de primer orden que conduce a Vilcabamba, contiene una capa de cobertura vegetal, corresponde a la Formación Quillollaco, (694550 m E; 9534158 m N; 1507 m.s.n.m.) presenta una litología de cantos rodados, gravas, arenas y limos. Mediante la observación en la zona presenta terrazas aluviales, tobas grisáceas, una matriz arenosa de grano fino, en la parte superior abundante cobertura vegetal (Figura 19).



**Figura 19.** Afloramiento 16, Sector La Calera, parroquia Malacatos.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.17 Afloramiento A17-M3.

Este afloramiento contiene una capa cobertura vegetal, ubicado en la vía de primer orden Malacatos-Vilcabamba, actualmente se encuentra habilitada, corresponde también a la Formación Quillollaco, (690595 m E; 9535964 m N; 1587 m.s.n.m.) cuenta con una litología de conglomerados, constituidos por clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca. Mediante la observación en campo, se ha evidenciado, la presencia de conglomerados con una matriz limo arenosa, de color grisáceo material que es utilizado para la fabricación de adobes. (ver Figura 20).



**Figura 20.** Afloramiento 17, Sector Ceibopamba parroquia Malacatos.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.18 Afloramiento A18-M4.

Presenta una litología de cantos rodados, gravas, arenas y limos. Este afloramiento está situado en el barrio trinidad de la parroquia Malacatos, el mismo pertenece a la Formación Quillollaco. (691059 m E; 9535789 m N; 1587 m.s.n.m.) En la zona de estudio se observó material sedimentado compactado de una coloración marrón causado por la presencia de óxidos de hierro, y tonalidades grisáceas (ver Figura 21).



**Figura 21.** Afloramiento 18, sector barrio Trinidad, parroquia Malacatos.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.19 Afloramiento A19-M5.

Ubicado en el barrio Santo Domingo Alto, que conduce por una vía de segundo orden, pertenece a la Formación Quillollaco, (694558 m E; 9534163 m N; 1774 m.s.n.m.) presenta una litología de conglomerados, constituidos por clastos, rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca, contiene una capa de cobertura vegetal. En el afloramiento existe la presencia de conglomerados con una matriz limo arenosa de coloración amarillenta y con alto contenido de arena y grava (ver Figura 22).



**Figura 22.** Afloramiento 19, sector Santo Domingo Alto, parroquia Malacatos.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.20 Afloramiento A20-M6.

Mezcla de material para la fabricación de adobe, este material pertenece a la Formación Loma Blanca, (692855 m E, 9533874 m N, 1520 m.s.n.m.) presenta litología de conglomerados, constituidos por clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca (Ver Figura 23).



**Figura 23.** Afloramiento 20, sector Yamburara alto parroquia Malacatos.

**Fuente:** La autora.

### 6.3.21 Afloramiento A21-V1.

Afloramiento ubicado en el barrio Capamaco, junto a la vía principal, perteneciente a la Formación Quillollaco, (699300 m E; 9527770 m N; 1628 m.s.n.m.) presenta una litología de conglomerados, lo cual está constituida por clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca, contiene una capa de cobertura vegetal. En la zona de estudio se observó material altamente compactado, y a su vez, conglomerados, con una matriz limo arenosa, de color marrón, con franjas grisáceas (ver Figura 21).



**Figura 24.** Afloramiento 21, Sector Capamaco parroquia Vilcabamba.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.22 Afloramiento A22-L1.

Este afloramiento está ubicado en el barrio las palmas al norte de la ciudad de Loja conduce por una vía de segundo orden, actualmente se encuentra habilitada, pertenece a la Formación San Cayetano, (700839 m E; 9557985 m N; 2207 m.s.n.m.) presenta una litología de areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas. La formación aflora sobre una gran parte de la cuenca de Loja, en la zona de estudio se ha evidenciado, conglomerados con clastos de tamaño medio, color grisáceo, contiene una capa de cobertura vegetal en la parte superior e inferior (ver Figura 25).



**Figura 25.** Afloramiento 22, perteneciente al sector Las Palmas, parroquia El Sagrario.  
**Fuente:** La autora.

### **6.3.23 Afloramiento A23-L2.**

Ubicado en el barrio Buena Esperanza junto a una vía de segundo orden, actualmente habilitada, contiene una capa de cobertura vegetal y pertenece a la Formación San Cayetano. (700808 m E; 9558009 m N; 2207 m.s.n.m.). Presenta una litología de areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas. En este afloramiento se puede evidenciar material arenoso con una coloración café, afectada por meteorización física, que provoca su disgregación y posterior acumulación del material al pie del talud, presenta franjas rojizas en la parte superior, lo que indica presencia de óxidos de hierro (ver Figura 26).



**Figura 26.** Afloramiento 23, sector Buena Esperanza parroquia El Sagrario.

**Fuente:** La autora.

#### **6.3.24 Afloramiento A24-L3.**

Afloramiento ubicado en el barrio la Palmira al pie del talud de la vía que conduce Loja-Zamora, el afloramiento contiene cobertura vegetal, corresponde a la Formación San Cayetano, (700843 m E; 9557722 m N; 2205 m.s.n.m.) presenta areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas. En el afloramiento existe la presencia de clastos angulares color café con matriz arcillosa, con alta presencia de arenisca. Los clastos son angulares y presentan pliegues de color café, también se observa deslizamiento de tierra y rocas pequeñas, producto del intemperismo (ver Figura 24).



**Figura 27.** Afloramiento 24, sector La Palmira, parroquia El Sagrario.

**Fuente:** La autora.

#### **6.3.25 Afloramiento A25-L4.**

Ubicado en una vía de primer orden, en el kilómetro uno de la vía Loja-Zamora pertenece a la Formación San Cayetano, (700843 m E; 9557989 m N; 2200 m.s.n.m.) presenta una litología, de areniscas con capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas. En la zona de estudio, existe la presencia de suelos franco limoso arcilloso, de color grisáceo verdoso, con vetas rojizas debido a la presencia de óxidos (ver Figura 25).



**Figura 28.** Afloramiento 25, sector San Cayetano Bajo parroquia El Valle.  
**Fuente:** La autora.

#### **6.3.26 Afloramiento A26-L5.**

Ubicado en el talud de la vía principal que conduce a Zamora, corresponde a la Formación San Cayetano, (697167 m E; 9565928 m N; 1990 m.s.n.m.) presenta una litología de cantos rodados, grava, arenas y limos. limonitas que contiene lutitas laminado de color gris y blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Contiene cobertura vegetal, capas de diatomitas, que presenta una coloración marrón y tonalidades grises, en la zona de estudio existe la presencia de material franco arenoso (ver Figura 26).



**Figura 29.** Afloramiento 26, sector Florencia parroquia Carigán.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.27 Afloramiento A27-L6.

Está ubicado en la zona norte del cantón Loja en el barrio lágrimas, este afloramiento pertenece a la Serie Zamora, (697037 m E; 9564971 m N; 2023 m.s.n.m.) presenta una litología de areniscas, limolitas y lutitas no meteorizada, a su vez, consisten en filitas, cuarcitas y micaesquistos. En la zona de estudio se ha evidenciado la presencia rocas cuarcíticas, conglomerados compactados, en la parte superior se observan rocas de color gris producto de la presencia de diatomeas e incluso carbón. Este afloramiento cuenta con un material arcillo arenoso, en la parte inferior tiene conglomerados de menor tamaño de color marrón, esto debido a la presencia de hierro, lo que provoca la oxidación (ver Figura 27).



**Figura 30.** Afloramiento 27, sector Lagrimas parroquia Carigan.

**Fuente:** La autora.

### 6.3.28 Afloramiento A28-SL1.

Pertenece a la Formación Batolito San Lucas, (693840 m E; 9583372 m N; 2210 m.s.n.m.), este afloramiento se ubica en la vía las Juntas- Vinuyacu, esta constituidas por granodiorita con biotita, a su vez, comprende andesitas negras y grises de textura porfiriticas. En la zona de estudio, se ha evidenciado la presencia de cobertura vegetal, en la parte baja una gran cantidad de suelo disgregado, con presencia de rocas, el suelo tiene coloración marrón y una gran cantidad de arena (ver Figura 28).



**Figura 31.** Afloramiento 28, sector Vinuyacu Chico, parroquia San Lucas.  
**Fuente:** La autora.

### **6.3.29 Afloramiento A29-SL2.**

Este afloramiento se ubica en el talud de una vía de segundo orden, del barrio Vinuyacu, pertenece a la Formación Batolito San Lucas, presenta una litología de Granodiorita con biotita. (693077 m E; 9584447 m N; 2298 m.s.n.m.) En la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de suelo compactado de coloración rojiza, este afloramiento posee abundante cobertura vegetal (ver Figura 29).



**Figura 32.** Afloramiento 29, sector Vinuyacu parroquia San Lucas.  
**Fuente:** La autora.

### **6.3.30 Afloramiento A30-S1.**

Este afloramiento está ubicado en el barrio sayo, se encuentra a la derecha de la plataforma del canal de riego de Santiago, pertenece a la Formación Batolito San Lucas,

(691119 m E; 9579698 m N; 2419 m.s.n.m.) conformada por, litología de granodioritas y biotitas, presenta suelo de color marrón esto se debe a la acumulación de óxido de hierro, es evidente la presencia de raíces de gran tamaño, este afloramiento pertenece a una finca privada (ver Figura 30).



**Figura 33.** Afloramiento 30, sector Sayo parroquia Santiago  
**Fuente:** La autora.

### **6.3.31 Afloramiento A31-Q1.**

Ubicado en el talud de la vía principal que conduce Quinar-Yangana, corresponde a la Formación Loma Blanca, (694995 m E; 9521350 m N; 1661 m.s.n.m.), presenta una litología de Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas.

En la zona de estudio se evidencio suelo arenoso disgregado de color marrón y con presencia de grietas. (ver Figura 31).



**Figura 34.** Afloramiento 31, sector Quinara, parroquia Quinara.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.32 Afloramiento A32-Q2.

Este afloramiento se encuentra ubicado en un camino de segundo orden, contiene cobertura vegetal, pertenece a la Formación Loma Blanca, (694991 m E; 9521352 m N; 1660 m.s.n.m.) presenta una litología de Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas, contienen fragmentos de filita. A su vez, está compuesto por tobas aglomeráticas, lo cual son predominantes en la zona existen conglomerados con abundantes cristales de cuarzo y fragmentos de filitas. En la zona de estudio existe suelo disgregado, de textura arenoso con coloración café y aplomado, cuenta con pequeñas terrazas aluviales, y depósitos coluviales (ver Figura 32).



**Figura 35.** Afloramiento 32, sector Quinara parroquia Quinara.

**Fuente:** La autora.

### **6.3.33 Afloramiento A33-Y1.**

Se encuentra ubicado en una vía de segundo orden, el cual se encuentra habilitada, contiene cobertura vegetal, pertenece a la Formación Loma Blanca, (700890 m E; 9519312 m N; 1940 m.s.n.m.) presenta una litología de rocas angulosas soportadas en matriz limo arenosa con presencia de poros. El suelo de la zona de estudio presento coloración grisácea, cuenta con material arenoso (ver Figura 33).

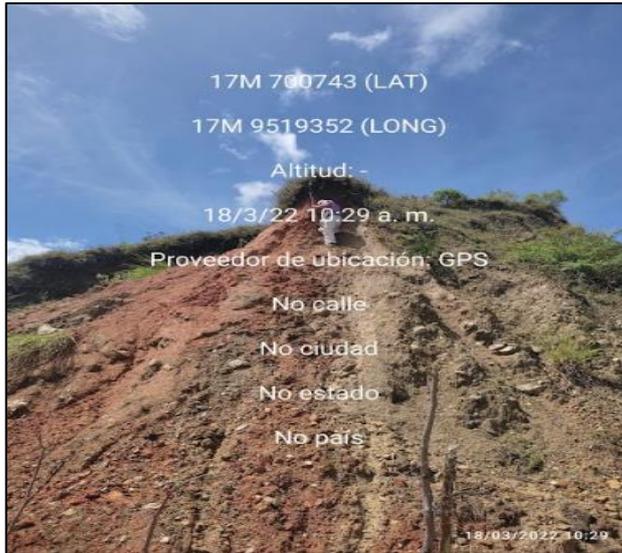


**Figura 36.** Afloramiento 33: Sector Yangana parroquia Yangana.

**Fuente:** La autora.

### **6.3.34 Afloramiento A34-Y2.**

Este afloramiento se encuentra ubicado en el talud de la vía de primer orden que conduce Quinara-Yangana, presenta una capa de cobertura vegetal, corresponde a la Formación Loma Blanca, (700742 m E; 9519354 m N; 1960 m.s.n.m.) contiene rocas angulosas en matriz limo arenosa con presencia de poros. En la zona de estudio se ha evidenciado suelo sedimentario, franco arenoso, de color rojizo y betas grises, y a su vez, conglomerados de clastos angulares, además existe deslizamiento de depósitos coluviales (ver Figura 34).



**Figura 37.** Afloramiento 34, sector Yangana, parroquia Yangana.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.35 Afloramiento M35-Y3.

Se encuentra ubicado en el talud la vía de primer orden que conduce a Yangana-Quinara, en la actualidad esta se encuentra habilitada, contiene cobertura vegetal, corresponde a la Serie Zamora. (702658 m E; 9516836 m N; 1930 m.s.n.m.) Presenta una litología de areniscas, limolitas y lutitas no meteorizadas. El afloramiento principalmente presenta filitas, cuarcitas, esquistos y limolitas de color marrón con tonalidades grisáceas (ver Figura 35).



**Figura 38.** Afloramiento 35, sector Yangana, parroquia Yangana.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.36 Afloramiento A36-CIS1.

El afloramiento está ubicado en el sector la Noma en la vía el Cisne-Gualel, contiene una capa de cobertura vegetal correspondiente a la Serie Tahuín, (676157 m E, 9577207 m N, 2344 msnm.) que pertenece al grupo Puyango. Está constituida de filitas y cuenta con un metamorfismo bajo, además de una litología compuesta de esquistos, cuarcitas y capas de rocas no meteorizadas, con intercalaciones volcánicas. En la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de roca sedimentaria de color rojizo que subyace a un conglomerado de clastos pequeños (ver Figura 36).



**Figura 39.** Afloramiento 36 del sector La Noma, parroquia El Cisne.  
**Fuente:** La autora.

### 6.3.37 Afloramiento A37-CIS2.

Este afloramiento se localiza en la parte noroccidente del cantón Loja, en el talud de la vía El Cisne-Guale, pertenece a una vía de primer orden el cual conecta con la vía a Gualel. (9572618 m N; 673005 m E, 2335.14 m.s.n.m.) Pertenece a la Serie Tahuín presenta una litología de esquistos cuarcitos, cuarcitas y capas de rocas no meteorizadas, con intercalación volcánica. En esta zona de estudio se ha evidenciado material sedimentado de color marrón con tonalidades rojizas a su vez vetas de color grisáceas, en la parte superior se observa capa de cobertura vegetal en la parte inferior existe la presencia de conglomerados con clastos de menor tamaño. (ver Figura 37).

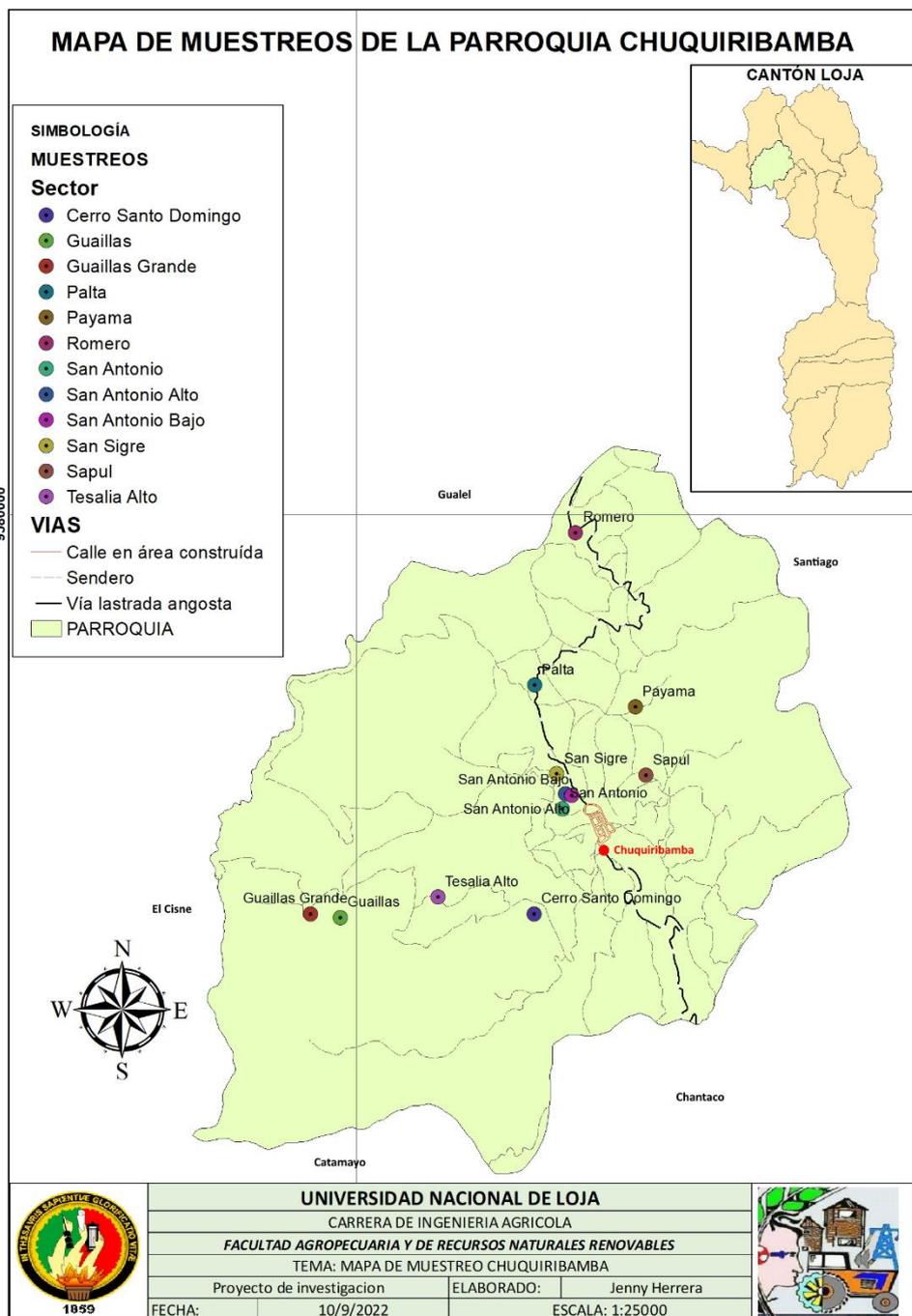


**Figura 40.** Afloramiento 37 del sector La Ramada de la parroquia El Cisne.  
**Fuente:** La autora.

#### **6.4 Documentación de la información recolectada y elaboración de inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presentan mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios**

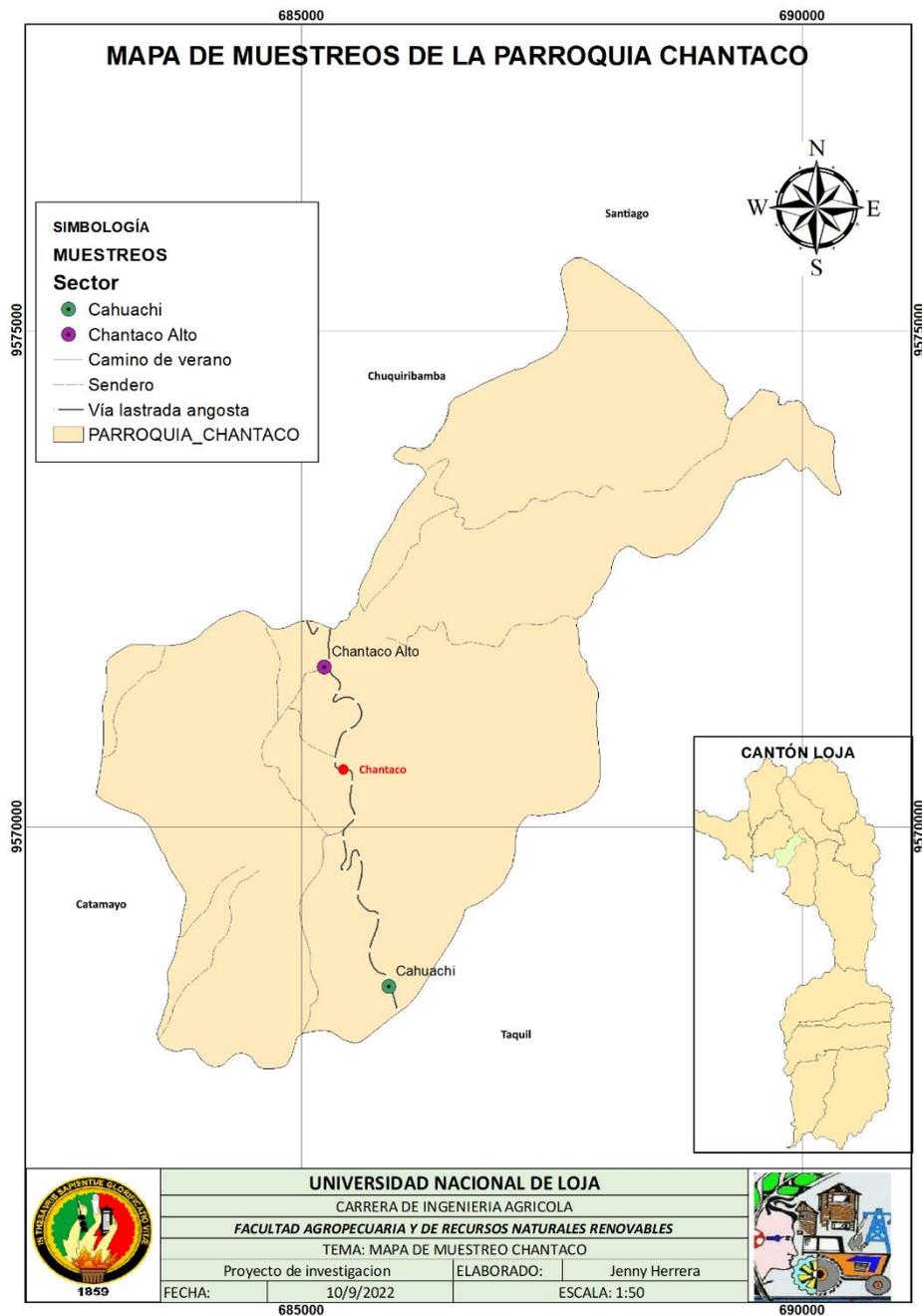
A continuación, se presentan los resultados del tercer objetivo. Por un lado, se muestran los mapas por parroquia del cantón Loja que contienen la información recolectada, seguidamente se detalla la base de datos de los yacimientos estratégicos de arcilla que presentan buenas características para impermeabilizar reservorios, la cual es complementada con los resultados de las propiedades físico- mecánicas de las arcillas.

##### **6.4.1 Mapas por parroquia del cantón Loja que contienen la información recolectada.**



**Figura 40.** Mapa georreferenciado de la parroquia Chuquiribamba  
**Fuente:** La Autora

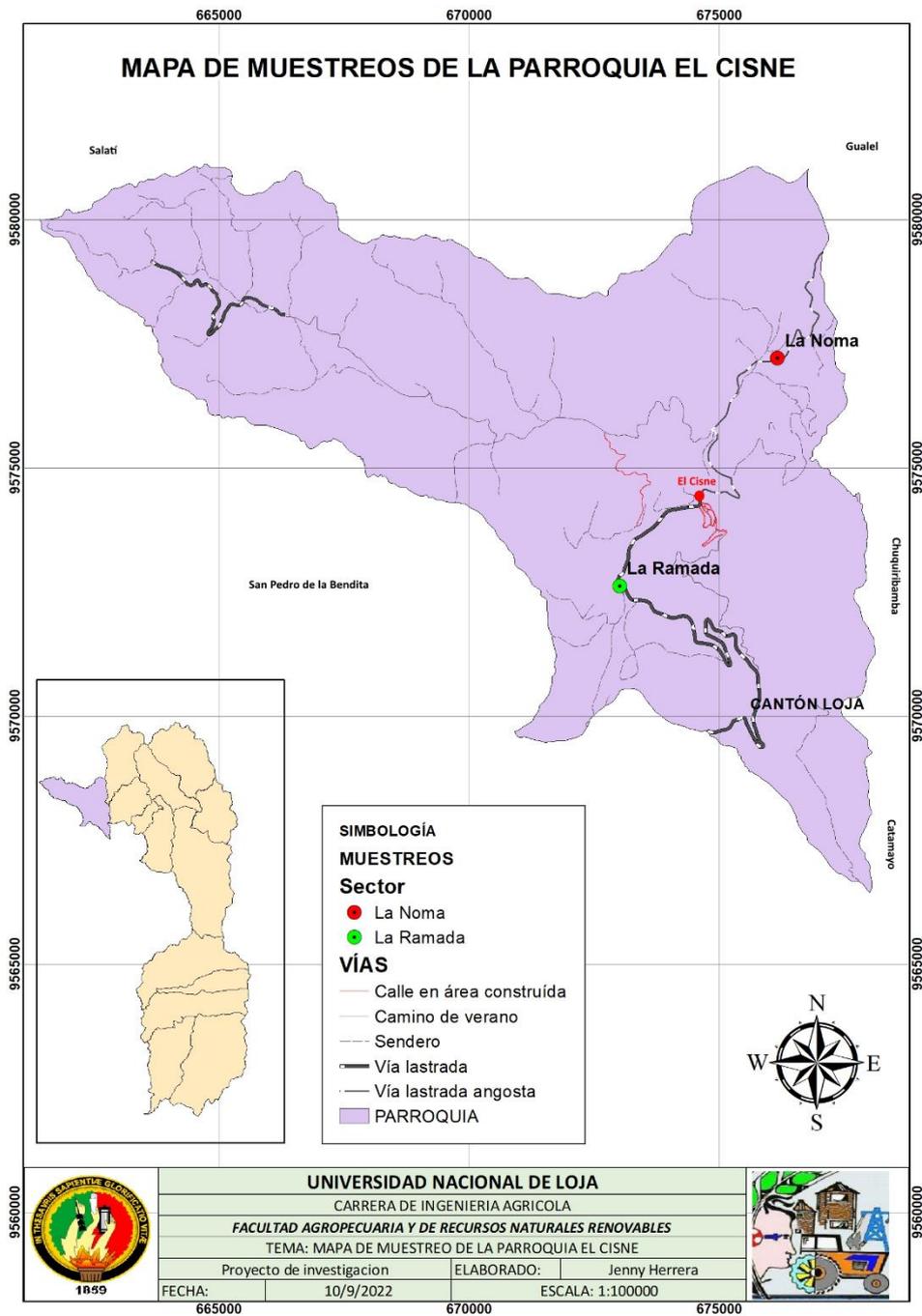
En la parroquia Chuquiribamba se georreferenciaron un total de ocho sectores que pertenecen a la Formación Sacapalca: Cerro Santo Domingo, Guailas, Guailas Grande, Palta, Romero, San Antonio, San Sigre y Tesalia Alto.



**Figura 41.** Mapa georreferenciado de la parroquia Chantaco

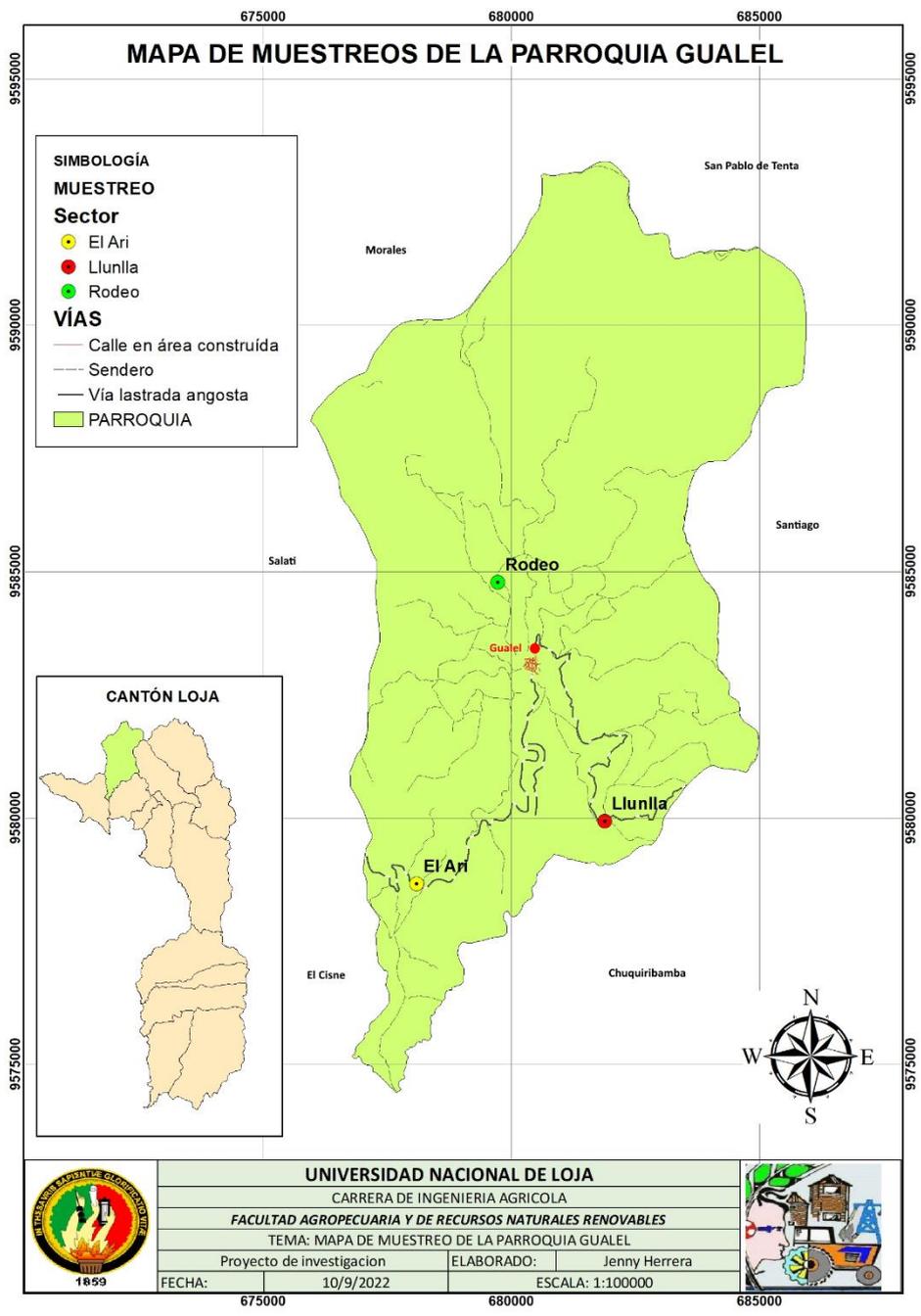
**Fuente:** La Autora

Parroquia de Chantaco la misma pertenece a la Formación Sacapalca se georreferenciaron dos sectores pertenecientes a Cahuachi y Chantaco Alto.



**Figura 42.** Mapa georreferenciado de la parroquia El Cisne.  
**Fuente:** La Autora

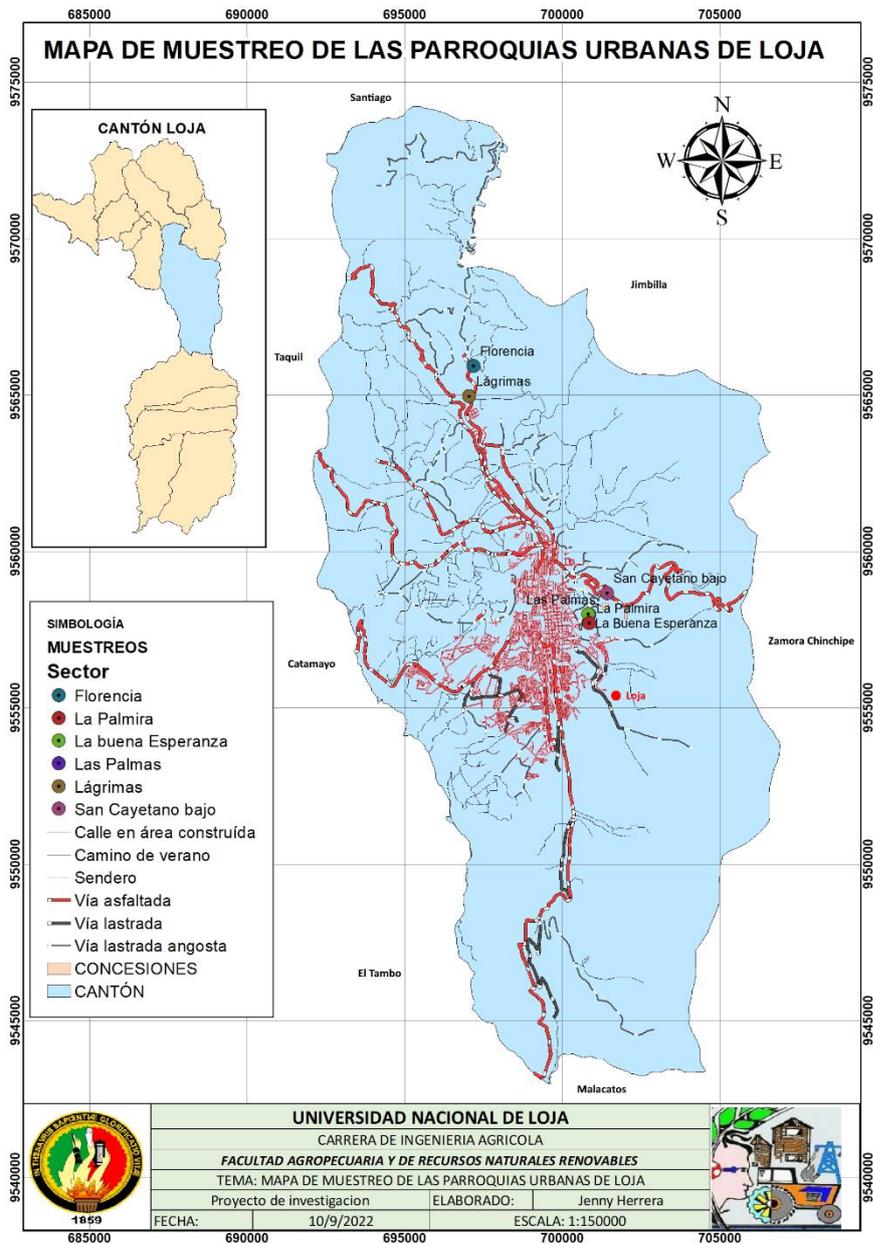
Esta parroquia pertenece a la Formación Sacapalca se tomó las coordenadas en los barrios La Noma y La Ramada.



**Figura 43.** Mapa georreferenciado de la parroquia Gualiel.

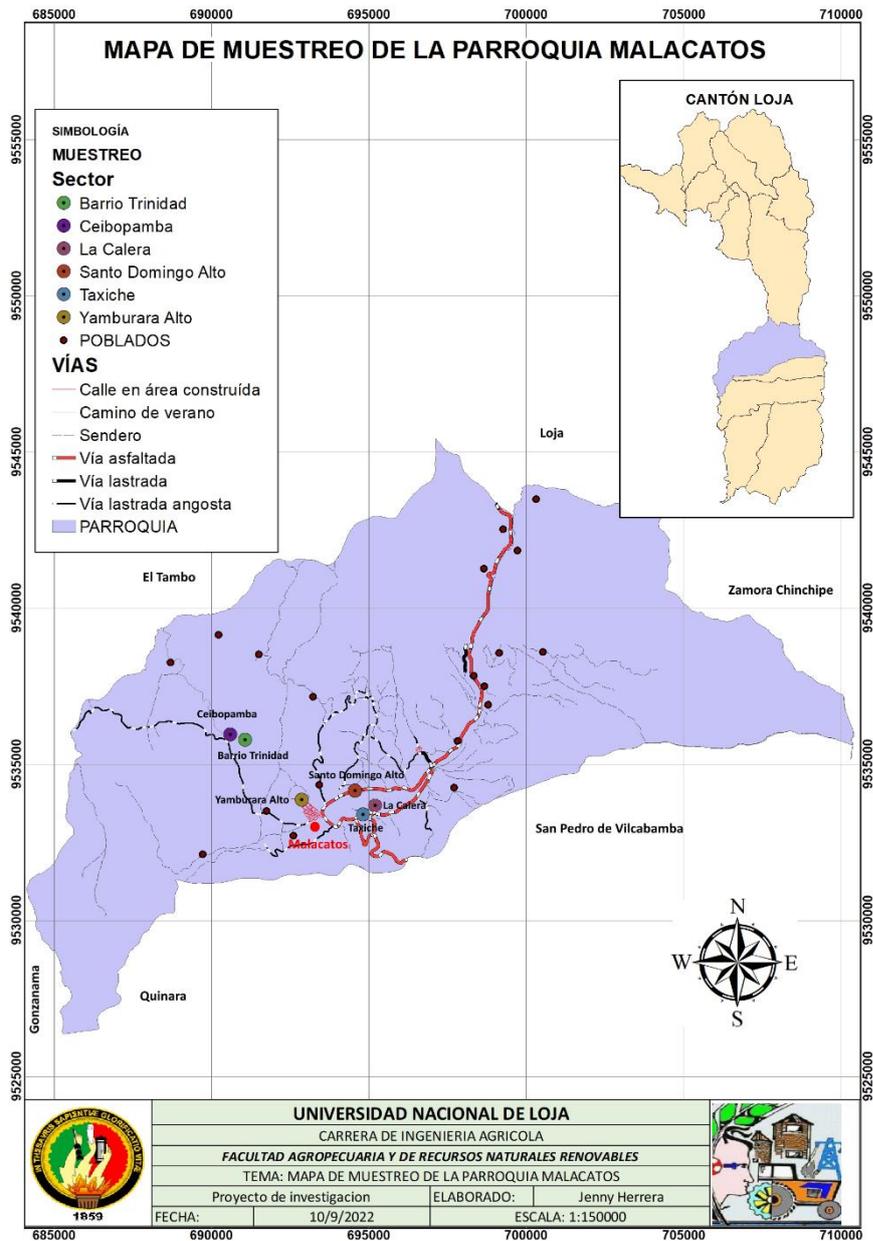
**Fuente:** La Autora

Llunlla, El Ari y El Rodeo pertenecen a la parroquia Gualiel de la Formación Sacapalca, mismos fueron georreferenciados.



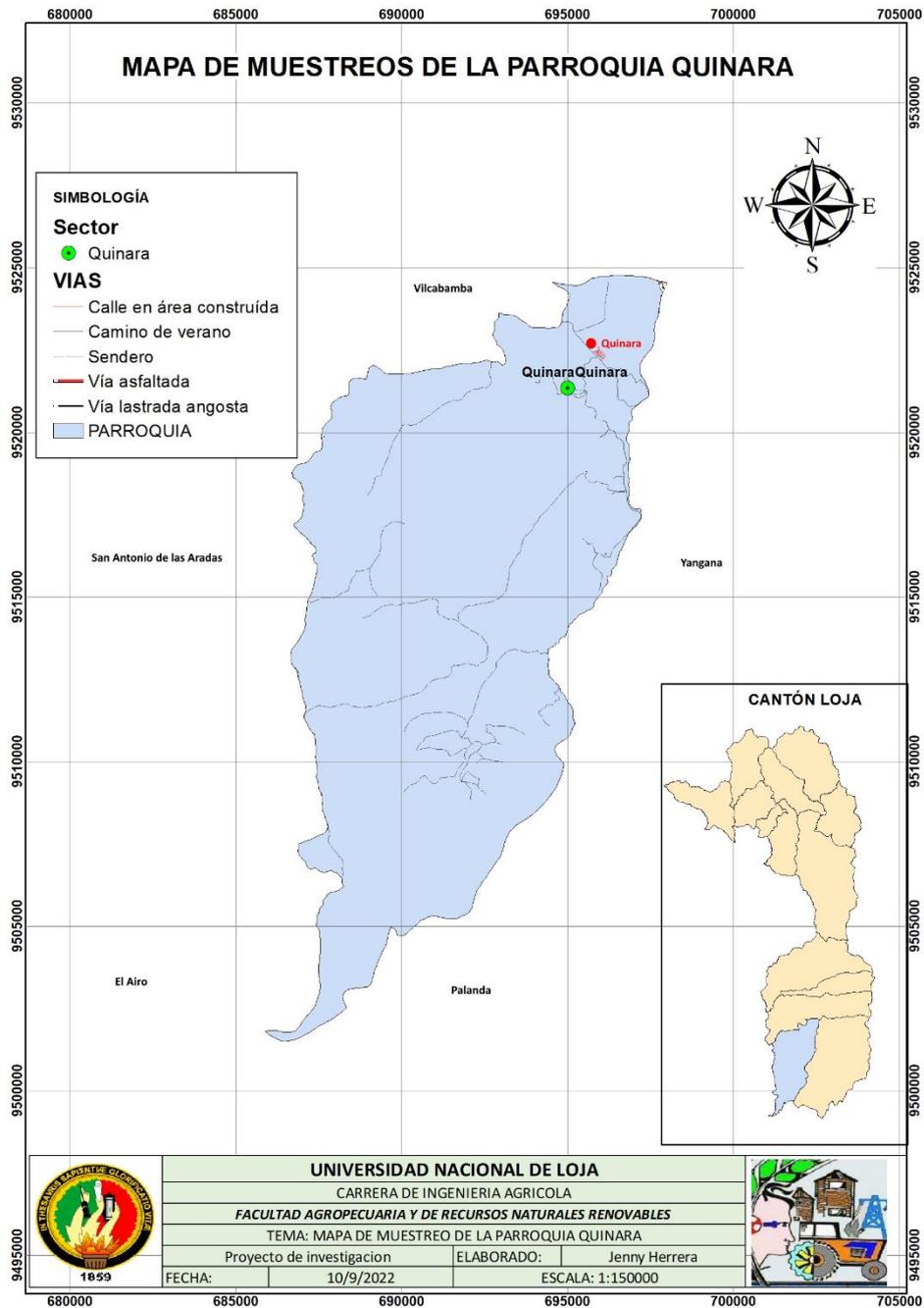
**Figura 44.** Mapa georreferenciado del cantón Loja.  
**Fuente:** La Autora.

En el cantón Loja se georreferenciaron los siguientes barrios: Las Palmas, Buena Esperanza, La Palmira, San Cayetano, Florencia, Lágrimas, estos pertenecen a la Formación San Cayetano y a la Serie Zamora.



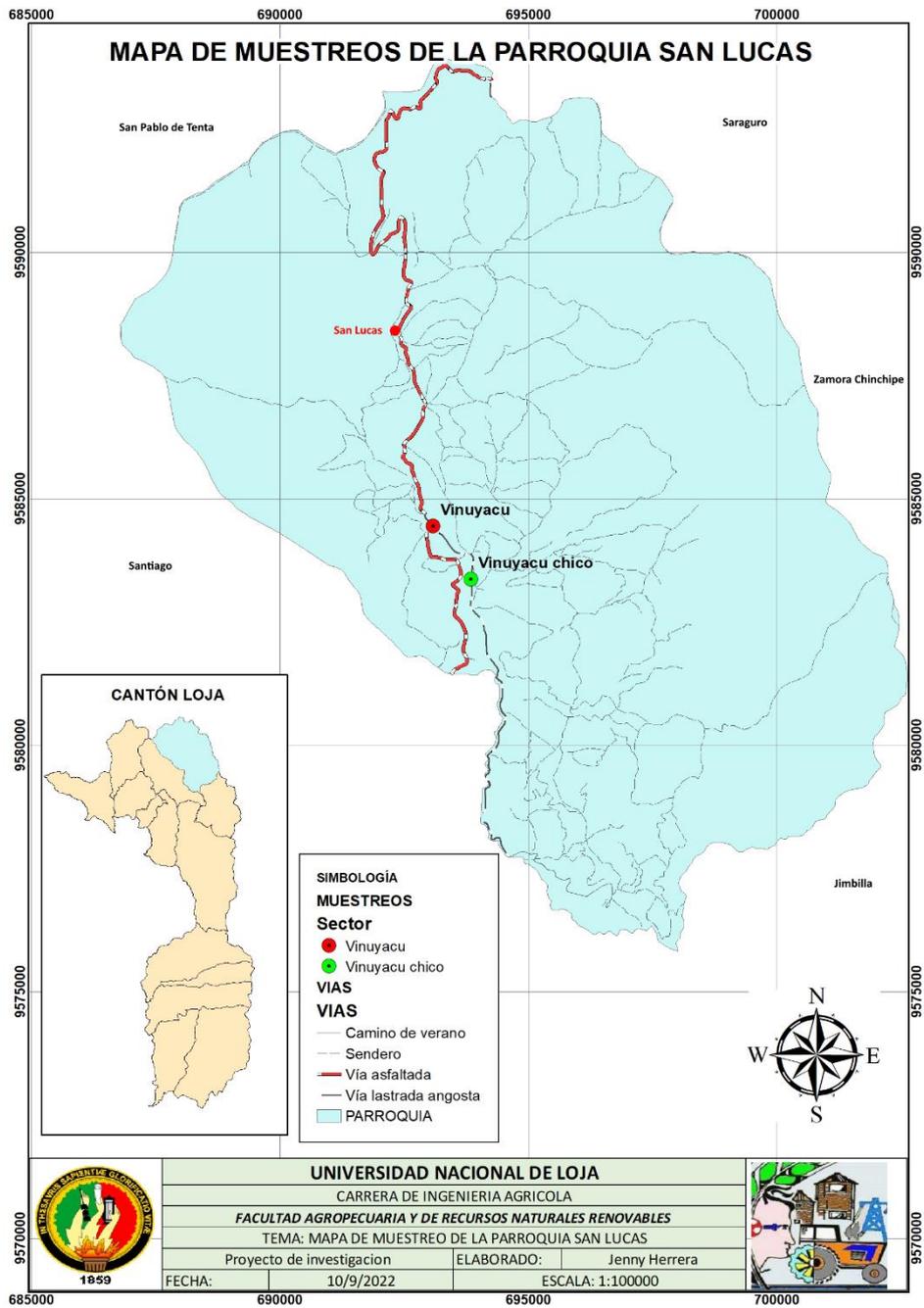
**Figura 45.** Mapa georreferenciado de la parroquia Malacatos  
**Fuente:** La Autora.

En el siguiente mapa perteneciente a la parroquia Malacatos del cantón Loja se indican las siguientes zonas que fueron georreferenciadas: Taxiche, Trinidad, Ceibopamba, La Calera, Santo Domingo Alto y Yamburara Alto; estos sectores pertenecen a la Formación Quillollaco.



**Figura 46.** Mapa georreferenciado de la parroquia Quinara.  
**Fuente:** La Autora.

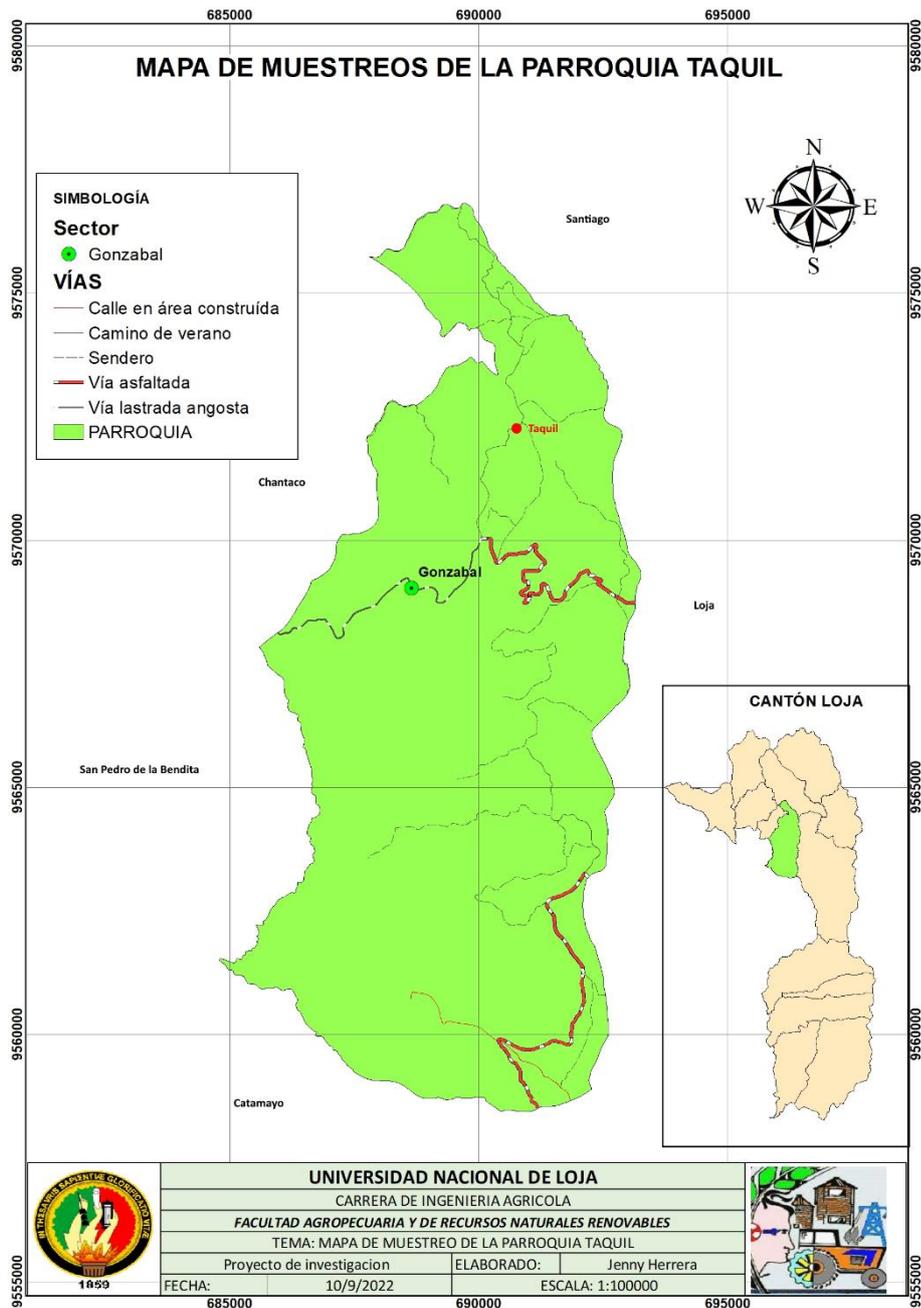
Los sectores de Quinara 1 y Quinara 2 se georreferenciaron, lo cual pertenecen a la parroquia Quinara del cantón Loja.



**Figura 47.** Mapa georreferenciado de la parroquia San Lucas.

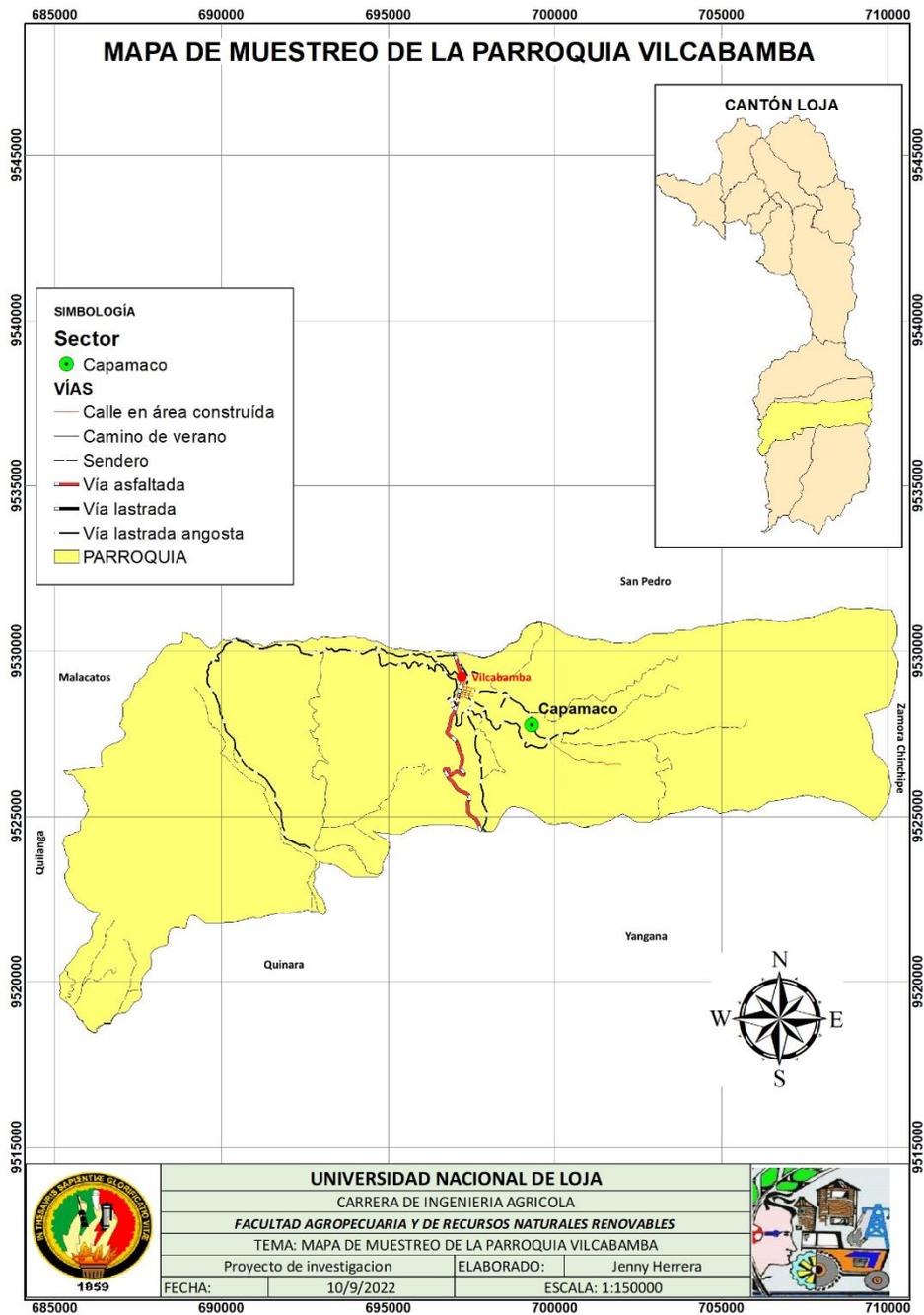
**Fuente:** La Autora.

En la parroquia San lucas del cantón Loja, se georreferenciaron dos sectores Vinuyacu Chico y Vinuyacu.



**Figura 48.** Mapa georreferenciado de la parroquia Taquil.  
**Fuente:** La Autora.

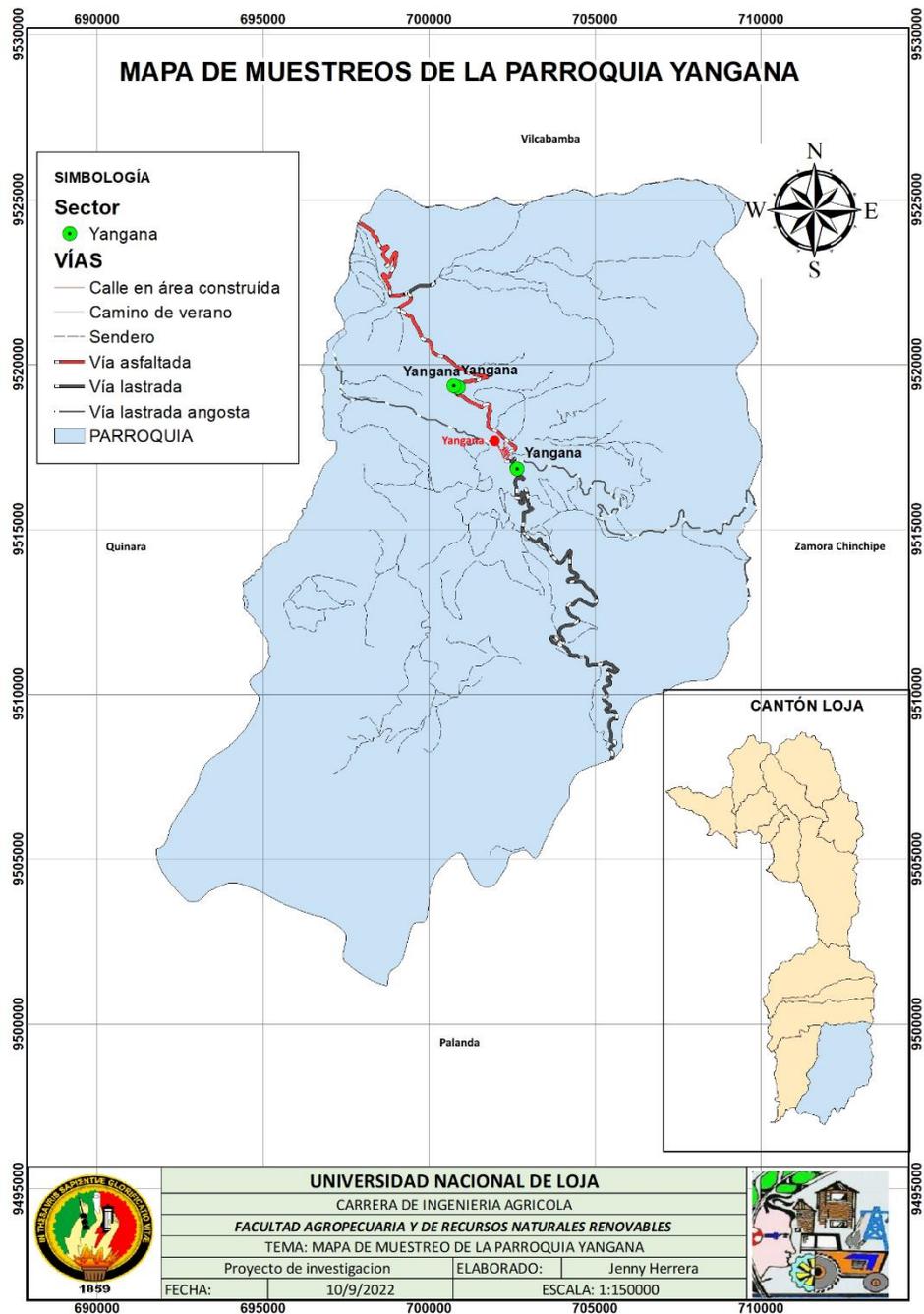
En el caso de la parroquia Taquil perteneciente al cantón Loja, se georreferenció un sector conocido como Gonzabal.



**Figura 49.** Mapa georreferenciado de la parroquia Vilcabamba.

**Fuente:** La Autora.

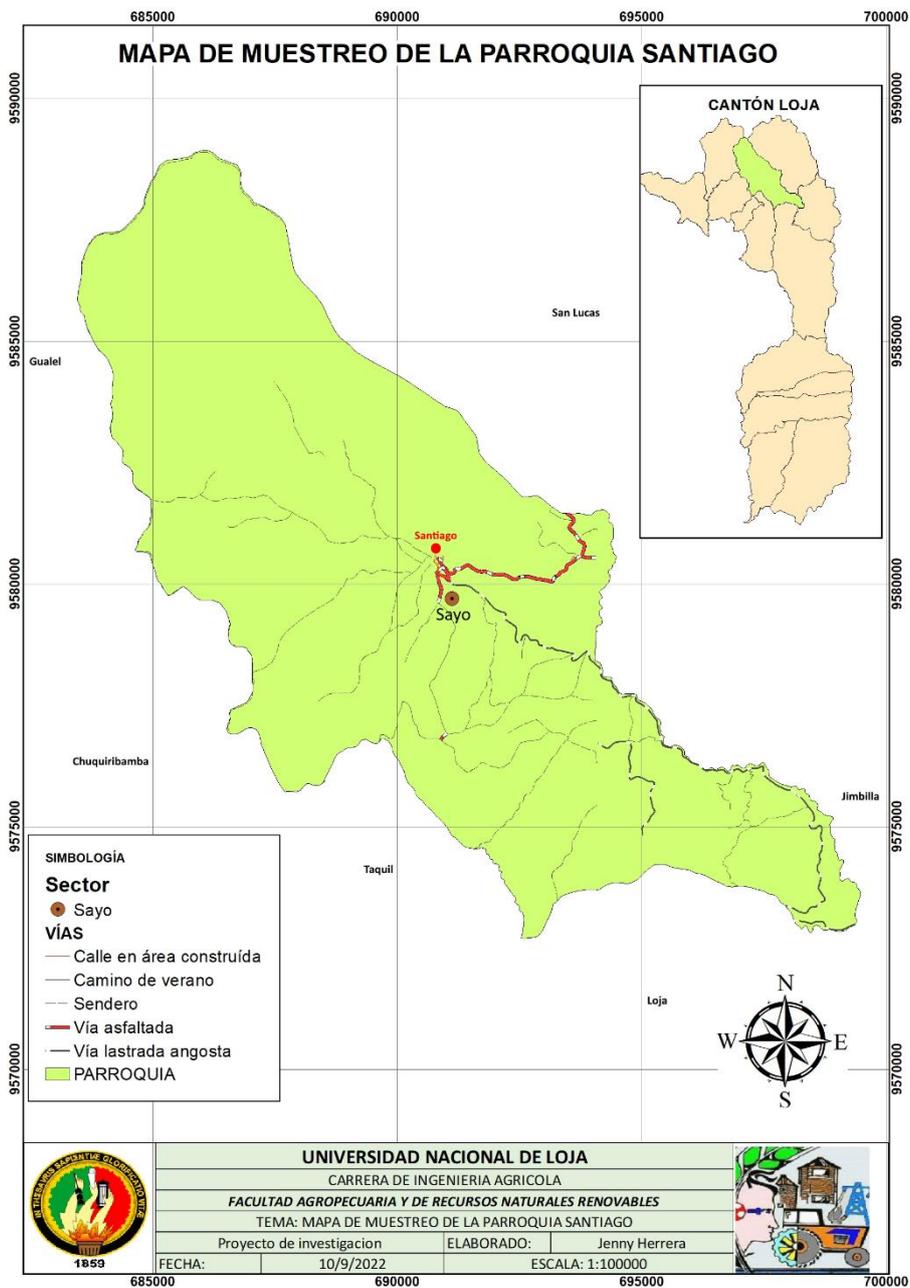
En la parroquia Vilcabamba del cantón Loja se tomó las coordenadas en el sector Capamaco.



**Figura 50.** Mapa georreferenciado de la parroquia Yangana.

**Fuente:** La Autora.

En esta parroquia se georreferenció los siguientes sectores: Yangana 1, Yangana 2 y Yangana 3; estos pertenecen a la Formación Loma Blanca.



**Figura 51.** Mapa georreferenciado de la parroquia Santiago.  
**Fuente:** La Autora.

En la parroquia Santiago se georreferenció el sector Sayo, este pertenece a la Formación Batolito San Lucas.

### 6.4.2 Inventario de arcillas

A continuación, se detalla el inventario de arcillas que presentaron mejores características para la impermeabilización de reservorios en el cantón Loja.

**Tabla 3.** Inventario de arcillas con mejores características físico- mecánicas para impermeabilizar reservorios.

	Parroquia	Gualel	Chuquiribamba	Taquil	Chantaco	El Cisne		El Sagrario	El Sagrario	El Valle
<b>Ubicación</b>	Sector	Llunlla	Romero	Gonzabal	Chantaco Alto	La Noma	La Ramada	Las Palmas	La Palmira	San Cayetano Bajo
	Codificación	G1	Ch1	T1	Cha2	Cis1	Cis2	L1	L3	L4
	LL%	69,16	62,20	56,06	84,06	60,61	52,87	44,85	74,76	30,96
<b>Límites de Consistencia</b>	LP%	32,02	42,97	19,30	50,44	32,58	21,67	27,65	40,20	14,28
	IP%	37,00	19,00	37,00	34,00	28,03	31,20	17,00	35,00	17,00
	Actividad hidrómetro	0,71	0,49	0,92	0,67	NP	NP	0,43	0,88	NP
<b>Bouyoucos textura</b>	Arena %	18,00	32,00	36,00	20,00	14,40	28,40	16,40	28,40	12,00
	Limo %	29,60	29,60	23,60	29,60	0,00	18,00	43,80	31,80	53,60
	Arcilla %	52,40	38,40	40,40	50,40	67,60	53,60	39,80	39,80	34,40
	Clase textural	Arcilloso	Franco arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcillos o	Arcilloso	Franco limoso arcilloso	Franco arcilloso	Franco limoso arcilloso

**Fuente:** La Autora

En la tabla 3 se presentan los resultados de las propiedades de las arcillas en cada parroquia que muestran mejores características, a continuación, se describe cada una de ellas:

En la parroquia Gualiel, el sector Llunlla presentó 18,0 % de arena, 29,6 % de limo y 52,4 % de arcilla, lo que la clasifica como un suelo arcilloso, así mismo, mostró un límite líquido (LL) de 69,1 %; límite plástico (LP) de 32,0 %; índice de plasticidad (IP) del 37,0%, en cuanto a la actividad del hidrómetro fue de 0,71. En la parroquia de Chuquiribamba en el sector de Romero presentó resultados que posee un 32,0 % de arena, 29,6 % de limo y 38,4 % de arcilla lo que indica un suelo franco-arcilloso, por otro lado, los límites de consistencia dieron valores de 29,9 % límite líquido (LL); 37,26 % límite plástico (LP); 1,4 % para el índice de plasticidad (IP); así mismo, la actividad del hidrómetro fue de 0,49.

En el caso del sector de Gonzabal, perteneciente a la parroquia Taquil se tomó una muestra que presentó un 36,0 % de arena, 23,6 % de limo y 40,4 % de arcilla, lo que indica que es un suelo arcilloso, en cuanto a los límites de consistencia revelaron que tienen un límite líquido (LL) de 56,1 %; límite plástico (LP) de 19,3 % y un índice de plasticidad (IP) del 37,0 %; así mismo, la actividad del hidrómetro dio un valor de 0,92. Así mismo la arcilla del sector Chantaco Alto de la parroquia Chantaco presentó proporciones de: arena 20,0 %, limo del 29,6 % y arcilla de 50,4 %, indicando que pertenece a una clase textural arcillosa; en cuanto a los límites de consistencia, se registraron valores de 80,1 % límite líquido (LL); 50,4 % límite plástico (LP); y 34,0 % para el índice de plasticidad (IP), la actividad del hidrómetro dio un valor 0,67.

En el sector La Noma de la parroquia El Cisne los resultados dieron porcentajes de 14,4 % de arena, 18,0 % de limo y 67,6% de arcilla, lo que indica que es un suelo con alto contenido de arcilla; por otro lado, presentó un límite líquido (LL) de 60,6 %; límite plástico (LP) de 32,5% y un índice de plasticidad (IP) del 28,4 %. En el suelo del sector La Ramada se obtuvo un 28,40 % de arena, 18 % de limo y 53,60 % de arcilla; dando un suelo arcilloso. Por otro lado, presentó un límite líquido (LL) de 52,8 %; límite plástico (LP) de 21,6% y un índice de plasticidad (IP) del 31,2 %. En la parroquia El Sagrario, en el sector Las Palmas los resultados marcaron un 16,4 % de arena, un 43,8 % de limo y un 39,8 % de arcilla, indicando una composición franco-limosa-arcillosa; en cuanto a los límites de consistencia se registraron los siguientes datos: límite líquido (LL) 44,85 %; límite plástico (LP) de 27,65 % y un índice de plasticidad (IP) del 17,0 %; igualmente, la actividad del hidrómetro fue de 0,43. Además, en el sector La Palmira, contiene 28,4 % de arena, 32,8 % de limo y 39,8 % de arcilla, indicando

una estructura franco-arcillosa, en cuanto al límite líquido (LL) fue de 74,76 %; límite plástico (LP) del 40,2 % y un índice de plasticidad (IP) del 35 %. Por otro lado, la actividad del hidrómetro de las arcillas fue de 0,88. Por último, el sector de San Cayetano contiene porcentajes de 12 % de arena, 53.6 % de limo y un 34.4 % de arcilla, lo que indica una composición franco-limosa-arcillosa. Los resultados de límite de consistencia indica un límite líquido (LL) de 30,96 %; límite plástico (LP) de 14,28 % y índice de plasticidad (IP) de 17,0

## **7. Discusión**

A continuación, se presentan la discusión de los resultados obtenidos en relación con los objetivos específicos planteados.

### **7.1 Realizar el estado del arte y marco teórico referente a yacimientos de arcilla como material impermeabilizante para la construcción de reservorios en el cantón Loja.**

#### **7.1.1 Yacimientos de arcilla a nivel mundial**

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre el estado del arte, Baltuille *et al.*, (2002) aborda la importancia y distribución de minerales arcillosos como la palygorskita, sepiolita, montmorillonita y bentonita en diversos contextos industriales; esta investigación es la única que indica la presencia de yacimientos de arcilla de gran importancia a nivel mundial, donde construye el estado del arte basado en las investigaciones de varios autores. Destaca la presencia de depósitos de sepiolita en China, así como la presencia de palygorskita en yacimientos en España, Australia y México. Además, los usos van desde lodos de sondeo hasta aplicaciones en la industria de la construcción; así como yacimientos de palygorskita en la India, como en el distrito de Bhavnagar, con reservas estimadas en 800,000 toneladas, y en Timsanpalli-Marepalli con reservas superiores a los 14 metros.

Este autor indica la existencia de arcillas, con notables depósitos, donde Estados Unidos lidera la producción anual con más de 4 megatoneladas, seguido por la antigua URSS, Grecia, Turquía, Alemania, Italia, y Japón, mientras que España se sitúa en un rango menor de producción con 150.000 toneladas Baltuille *et al.*, (2002). Para complementar el estado del arte se tomó en cuenta una investigación puntual en Chile, este autor llevo acabo un estudio detallado de varios depósitos geológicos en la región costera de Chile, identificaron estratos iguales de arcilla gris azulado con diferentes espesores (Carrasco *et al.* 2003).

#### **7.1.2 Yacimientos de arcilla a nivel nacional**

En Ecuador existen solamente dos investigaciones de yacimientos de arcilla, Uribe (2015) llevó a cabo una investigación en el país con el propósito de generar un inventario de materias primas minerales no metálicas, centrándose en las arcillas para el sector cerámico artesanal e industrial. El estudio estuvo conformado de dos fases: el primero de ellos fue la prospección, que permitió identificar áreas mineralizadas; mientras que la segunda parte fue la exploración, donde se determinó la calidad y cantidad del mineral. Se analizaron muestras en laboratorios ecuatorianos y alemanes, revelando la presencia de numerosos depósitos de arcilla

en Pichincha, Manabí, Esmeraldas, Azuay y Loja. Además, Cornejo (2017) complementa esta investigación al mencionar que la explotación de arcillas se concentra mayormente en la región Austral, especialmente en las cuencas intramontañosas de Cuenca-Biblián-San Fernando y Loja-Malacatos-Catamayo.

### **7.1.3 Yacimientos de arcilla en el cantón de Loja**

En el cantón Loja existe una investigación que describe los yacimientos de arcilla, Benavides *et al.* (1989) identificaron múltiples sitios con altos porcentajes de arcilla utilizando el método de prospección superficial, destacando la formación San Cayetano como la más prometedora para la explotación de arcilla, con reservas sugeridas por los afloramientos observados, que tiene gran interés desde el punto de vista industrial.

## **7.2 Identificar los yacimientos de arcilla mediante el mapeo cartográfico de los sitios y realizar comprobación mediante el reconocimiento de campo en el Cantón Loja.**

A continuación, se presentan las discusiones del segundo objetivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el mapeo cartográfico, se determinó que la zona noroccidente del cantón Loja comprendidas por las parroquias: El Cisne, Gualiel, Chuquiribamba, Chantaco y Taquil; pertenecen a las Formaciones Sacapalca, Thaguin y Celica. Mientras que la composición litológica se encuentra de la siguiente manera: El Cisne presenta esquistos cuarcitos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorfizadas con intercalaciones volcánicas; en cambio Gualiel muestra rocas graníticas, granodiorita biotita de grano medio; por último, Chuquiribamba Chantaco y Taquil contienen la misma composición de andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y conglomerados. Estas composiciones se deben a los factores externos modeladores como el clima y la vegetación de la zona IEE & MAGAP, (2013); datos similares fueron reportados por Montaña, (2021), quien identificó una composición de andesítica a riolítica y por una delgada secuencia turbidítica rocas volcánicas de arco como andesitas y tobas en la parroquia El Cisne, por otro lado, información presentada por IEE & MAGAP,(2013), manifiesta que la formación Sacapalca presenta composición litológica andesitas con tobas aglomeráticas y aglomerados subordinados.

Respecto a la zona nororiente del cantón Loja, se identificó que están integradas por San Lucas, Santiago, El Sagrario, El Valle y Carigán, las cuales integran las Formaciones Batolito San Lucas, San Cayetano y la Serie Zamora; así mismo, San Lucas y Santiago, presentan

granodiorita con biotita; mientras que El Sagrario y El Valle se componen de areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas; por otro lado, la parroquia de Carigán muestra una composición de cantos rodados, grava, arenas y limos. Estas características geológicas son similares con lo reportado por IEE & MAGAP, (2013), quien menciona que las parroquias El Sagrario y El Valle están compuestas por secuencias de areniscas en capas delgadas, limosas, lutitas silíceas, lo cual se debe a las variaciones de la composición litológica que esta influencia por los cambios bruscos de temperatura, períodos secos y lluviosos de las zonas de interés tal como lo establece (INERHI et al.,1994).

Finalmente, las parroquias de la zona sur conformadas por Yangana, Quinara, Vilcabamba y Malacatos son parte de la Formaciones Loma Blanca y Quillollaco, en el caso de la litología: Yangana y Quinara poseen aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas; así mismo, Vilcabamba y Malacatos están constituidos por clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca, similares resultados fueron presentados por otros autores, tal es así que Freire, (2010), en su investigación sobre estudio geológico de la cuenca de Malacatos, señala que la Formación Loma Blanca comprende material de areniscas tobáceas, brechas de cuarzo, areniscas gruesas, areniscas con conglomerados, clastos (metamórficos), limonitas, posee cristales líticos y tobas; así mismo, el IEE & MAGAP, (2013), manifiesta que la zona sur del cantón Loja presenta composiciones parcialmente similar en areniscas finamente estratificadas, mientras que las composiciones que difieren son esquistos micáceos, arcillas laminadas con vetas de yeso, limolitas, lutitas silíceas, lutitas calcáreas.

De la misma manera Ortiz, (2011), determinó que la principal composición litológica de la parroquia Quinara está constituida por rocas de origen sedimentario, grauvacas intercaladas con un conglomerado, bloques de rocas metamórficas y matriz areno arcillosa amarilla, estas variaciones de las características geológicas suceden debido a los procesos erosivos lo cual modifican la estructura morfológica de cada zonas de afluencia de estudio (Briones *et al.* 2023).

### **7.3 Documentar la información recolectada y elaborar un inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presenten mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.**

Seguidamente se presenta las discusiones de los resultados del inventario de yacimientos estratégicos de arcilla que presentan buenas características para impermeabilizar reservorios, la cual es complementada con los resultados de las propiedades físico- mecánicas de las arcillas.

En la tabla 3 se muestra los resultados de la clase textural del suelo, en esta se puede observar que la parte del noroccidente presentaron mayor contenido de arcilla que van de 40,4% a 68.0%, lo que indican que por su mayor porcentaje se clasifica como suelos arcillosos, excepto la parroquia Chuquiribamba que mostró porcentajes de arcilla correspondiente al 38,4%, que lo clasifica como suelo franco arcilloso; por último, las parroquias El Valle y El Sagrario presentaron porcentajes bajos de arcilla comprendidos entre el 34,4 y 39,8%, clasificándolos con clase textural franco limoso arcilloso, que según Cornejo (2017) se debe a que se encuentran en las cuencas Miocénicas intramontañosas sedimentarias lacustres, donde se concentra mayor cantidad de arcilla; así mismo, existen otras investigaciones que encontraron características texturales de la parte noroccidente del cantón Loja, por ejemplo Capa, (2023), presentó porcentajes de arcilla con valores 10 a 53% en este sector, determinando que la mayoría de suelos son franco arcillosos, como se comentó anteriormente esto se debe que se encuentran en las cuencas Miocénicas intramontañosas sedimentarias

Así mismo, en la tabla 3 se presentan los valores de límite líquido (LL), límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP), tomando en cuenta las recomendaciones que tenemos para la impermeabilización de reservorios de la FAO, (2013) que los suelos con límite líquido inferior a 60 % y limite plástico entre 8 a 20 %, por lo tanto se identifica que los suelos provenientes de las parroquias El Cisne (LL52.87;LP 21.67%), Taquil (LL52.87;LP 19.30%), El Sagrario (LL52.87%) y El Valle (LL52.87;LP14.28%) según la (FAO, 2013), señala que estos suelos se enmarcan dentro de compresibilidad media a alta compresibilidad y de baja plasticidad a mediana plasticidad, demostrando características de suelos plásticos y aptos para revestimiento de reservorios, por su buena estabilidad y pocas pérdidas por infiltración. Se encontró otra investigación sobre estudio de las arcillas en las provincias de Loja y Azuay donde se realizó los mismos analices tal es así que Chamba *et al.* (2019) reporto valores LL 54, 38, 34; LP de 42,33,29 y un IP de 12,7,6 %.

Producto de la determinación de los Límites de Atterberg y análisis del tamaño de las partículas se obtuvo la actividad de los suelos, tal como se indica en la tabla 3, las muestras de las parroquias del cantón Loja: Taquil, Gualel, Chantaco y El Sagrario presentaron valores de 0,92; 0,71; 0,6 y 0,88; lo que las hace arcillas de actividad normal de tipo illita, mientras que Chuquiribamba mostró un valor de 0,49 convirtiéndola en arcilla con poca actividad de tipo caolinita, estos valores son corroborados por Capa, (2023) quien presento en su investigación datos similares con valores de actividad menores a 0,5; el cual las clasifica como arcilla inactiva tipo caolinita, por otro lado, mostró valores de 0,5 a 1 determinándolas como arcilla con actividad normal de tipo illita. existe otra investigación, tal es así que, Chamba *et al.* (2019), reporto valores de valor de 0,46 correspondiente a la parroquia El Valle del cantón Loja identificándola como inactiva, mientras que la parroquia de Changaimina del cantón Gonzanamá arrojo valores de actividad de la arcilla de 1,0, denotando valores respectivamente similares al obtenido en la investigación.

Producto de la determinación de los Límites de Atterberg y análisis del tamaño de las partículas se obtuvo la actividad de los suelos, tal como se indica en la tabla 3, las muestras de las parroquias del cantón Loja: Taquil, Gualel, Chantaco y El Sagrario presentaron valores de 0,92; 0,71; 0,6 y 0,88; lo que las hace arcillas de actividad normal de tipo illita, mientras que Chuquiribamba mostró un valor de 0,49 convirtiéndola en arcilla con poca actividad de tipo caolinita. Valores similares también fueron reportados por otros investigadores, por ejemplo, Capa, (2023) realizó el estudio en suelos de la zona noroccidente del cantón Loja y reportó datos similares con valores de actividad menores a 0,5 y 0,5 a 1,0 clasificándolas como arcilla inactiva tipo caolinita y tipo illita activa, respectivamente. En otra investigación, Chamba *et al.* (2019) reporto valores de valor de 0,46 correspondiente a la parroquia El Valle del cantón Loja, identificándola como inactiva, mientras que la parroquia de Changaimina del cantón Gonzanamá, arrojo valores de actividad de la arcilla de 1,0. Este comportamiento se debe a la diferenciación de los factores climáticos como precipitación y temperatura que existen en las zonas de estudio Briones *et al.*, (2023).

## 8. Conclusiones

Existen 10 investigaciones sobre yacimientos de arcilla a nivel mundial, los cuales predominan los minerales de tipo palygorskita, sepiolita, montmorillonita y bentonita; mientras que a nivel nacional existen 5 investigaciones sobre yacimientos donde resaltan los minerales de tipo caolinita e illita, mientras que en el cantón Loja se reporta una investigación sobre yacimientos identificando la arcilla de tipo caolinita, illita y montmorillonita.

Mediante el mapeo se identificaron un total de 37 afloramientos distribuidos en tres zonas: nororiente, noroccidente y sur; así mismo, se realizó la comprobación de los mismos donde se encontraron diferentes características geológicas que se debió a las variaciones climáticas de cada zona.

En la información recolectada se presentan 12 mapas referentes a las parroquias del cantón Loja, donde se visualiza la ubicación georreferenciada de los 37 afloramientos que comprenden la zona de estudio.

Por último, se presenta el inventario de yacimientos donde se muestran los suelos con mejores características físico-mecánicas, en el cual se identifica que la zona noroccidente tiene suelos con porcentajes comprendidos entre 38,40 a 67,60 % de arcilla, el nororiente obtiene porcentajes de 34,40 a 39,80% de arcilla; en cuanto al límite líquido (LL) tiene porcentajes que van de 52,87 a 84,06% y un límite plástico (LP) 19,30 a 50,44%; la actividad de la arcilla mostró valores de 0,6 a 0,92; estas características son idóneas para ser utilizadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.

## **9. Recomendaciones**

Complementar el estudio de las características de los suelos con otros análisis de laboratorio para obtener más información sobre las propiedades físico-mecánicas de las zonas de estudios.

Evaluar las características físico-mecánicas de los sitios que presentan lagunas naturales y que no constan en las cartas geológicas, para conocer la potencialidad en la impermeabilización de reservorios.

Mejorar la infraestructura, equipamiento, provisión de reactivos y planificación del uso de laboratorios para análisis de suelos, de tal forma que permitan completar las actividades en los tiempos previstas en el proyecto.

## 10. Bibliografía

- Alonso, M., Calvo, J. P., & Cura, M. A. G. del. (1986). Sedimentología y petrología de los abanicos aluviales y facies adyacentes en el Neogeno de Paracuellos de Jarama (Madrid). *Estudios Geológicos*, 42(2-3), Article 2-3. <https://doi.org/10.3989/egeol.86422-3739>
- Alvarez, B. (2018). Caracterización y factibilidad de arcillas utilizadas para la fabricación de cerámica explotada en provincias de el oro (marcabellí), azuay (pucará). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12031>
- Amado, J. D. S., Villafrades, P. Y. M., & Tuta, E. M. C. (2011). Caracterización De Arcillas Y Preparación De Pastas Cerámicas Para La Fabricación De Tejas Y Ladrillos En La Región De Barichara, Santander. *Dyna*, 78(167), 53-61.
- Angamarca, Z. C. (2020). Caracterización de Materias Primas no Metálicas para la Industria Cerámica Plana en los Cantones Catamayo, Chaguarpamba, Olmedo, Paltas y Puyango de la Provincia de Loja, escala 1:50000". [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/23237>
- Baltuille, J., Rey, J., Vega, J., Zapardiel, J., & Merchan, C. (2002). Inventario nacional de arcillas especiales "Palygorskita, attapulgita, sepiolita, bentonita. <https://www.igme.es/Publicaciones/Consulta/Libro/14260>
- Barreto, Y., Godoy, Yulimar, John, & Alezones. (2018). EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS DEPÓSITOS DE ARCILLA UBICADOS EN EL MUNICIPIO CRUZ SALMERÓN ACOSTA, PENÍNSULA DE ARAYA, ESTADO SUCRE. <http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/cienciatierra/CT-034.pdf>
- Benavides, M. F., & Benavides, L. V. (2002). Caracterización , evaluación y posibles usos industriales de las arcillas del sector norte de la Cuenca de Loja y el Barrio Cera [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14691>
- Benavides, M. F., Valverde, S. F., & Rodríguez, J. A. (1989). Inventario de las arcillas de la cuenca sur de Loja [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17960>

- Besoain, E. (1985a). Mineralogía de arcillas de suelos. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12993>
- Besoain, E. (1985b). Mineralogía de arcillas de suelos. Bib. Orton IICA / CATIE.
- Briones, G., Hernández-Menéndez, A., & Méndez Mata, W. (2023). Factores y procesos geomorfológicos que controlan el retroceso de acantilados litorales en rocas sedimentarias clásticas de la costa central de Ecuador. *MQRInvestigar*, 7, 3015-3034. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.3015-3034>
- Bustamente, D. P., & Cabrera, K. de los Á. (2010). Levantamiento geológico-estructural de los sectores 3 y 4 de la zona 5 del límite urbano de la ciudad de Loja a escala 1:5000 para determinar la susceptibilidad del terreno. [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/16305>
- Cadena, A. (2013). ESTUDIO QUÍMICO DE LA PRESENCIA DE MONTMORILLONITA EN ARCILLAS DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA MEDIANTE TÉCNICAS DE ESPECTROSCOPIA MOLECULAR. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3110/1/96T00229.pdf>
- Campos, M. (1981). Los procesos de formación de arcillas y su importancia en la utilización industrial. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 20(2), 89-92.
- Capa. (2023). Caracterización de los Suelos Arcillosos existentes en el sector Rural del Noroccidente del Cantón Loja. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29286/1/JuanCarlos\\_CabreraPiedra.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29286/1/JuanCarlos_CabreraPiedra.pdf)
- Capa, X. (2015). Levantamiento de datos gravimétricos en las formaciones sedimentarias de la cuenca Catamayo.
- Carrasco, Gajardo, & Mendoza. (2003). Geología de yacimientos de arcillas plásticas para la elaboración de cerámica blanca y refractarios en las regiones VI y VII, Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/6266b134-e8f7-40ef-99b3-1cd1f87bed36/content>

- Casares, J. B., Riba, O., & Mateos, J. P. (1960). Asociaciones de minerales detríticos en los sedimentos de la Cuenca del Tajo. <https://books.google.com.ec/books?id=Ia8YswEACAAJ>
- Chamba, M., Vásquez, E., Chamba, M., Bailon, E., & Calva, D. (2019). Caracterizaciones físico-mecánicas de las arcillas de Loja y Azuay con fines de impermeabilización de reservorios | Bosques Latitud Cero. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/688>
- Cobos, D. (2019). Caracterización físico-mecánico del suelo utilizado como cimentación para edificaciones de hasta tres niveles, ciudadela Eloy Alfaro-Jipijapa [bachelorThesis, JIPIJAPA-UNESUM]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1731>
- Cornejo, P. (2017). DEPÓSITOS MINERALES NO METÁLICOS DEL ECUADOR. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24008.11523>
- Díaz, H. (2015). Caracterización físico—Mecánica y química de las arcillas de la zona Sur-Este de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11787>
- Duque, G. (2022). Manual de geología para ingenieros. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3145>
- Espinosa, N. (2020). Diagnóstico geoquímico y relación geológico estructural para delimitación del corredor metalogénico Machala entre 3°20'—4°00'S. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cc13dbfc-fc98-4710-a08d-7c1a13d6504d/content>
- FAO. (2013). Consistencia del Suelo. [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s08.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm)
- Flores, Y. (2013). Caracterización físico-mecánica y química de arcillas del sector norte de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8105/1/Flores%20Carpio,%20Yetzabel%20Gerarda.pdf>

- Freire, V. (2010). Estudio geológico estructural e inventario de deslizamientos del área tres de la cuenca Malacatos. [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTPL\\_4c7d05a043a218313583eb3066c37a78](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTPL_4c7d05a043a218313583eb3066c37a78)
- GAD-Gualel. (2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA GUALEL 2015—2019.
- Galán, E., & Pozo, M. (2011). Palygorskite and sepiolite deposits in continental environments. Description, genetic patterns and sedimentary settings, 3, 125-173.
- Garay, E. (2021). CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA PARA EL USO DE ARCILLAS EN LADRILLOS ARTESANALES EN EL CASERÍO CHILCAPAMPA-BAMBAMARCA. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4478/Tesis%20%20Profesional%20al%20100%25.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garay, R. A., & Mena, M. E. (2007a). Clasificación de arcillas presentes en los bancos de Guatajiagua, departamento de Morazán, y Facultad Multidisciplinaria Oriental [Engd, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2113/>
- Garay, R. A., & Mena, M. E. (2007b). Clasificación de arcillas presentes en los bancos de Guatajiagua, departamento de Morazán, y Facultad Multidisciplinaria Oriental [Engd, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2113/>
- García, E. (2004). Génesis de arcillas magnésicas en la cuenca de Madrid: Interrogantes planteados. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/49737>
- Herbs, E. (2010). INGENIERIA CIVIL: Origen del suelo y ciclo de la roca. <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/12/origen-del-suelo-y-ciclo-de-la-roca.html>
- Hosterman, J. W., & Patterson, S. H. (1522). Bentonite and Fuller's Earth Resources of the United States. <https://pubs.usgs.gov/pp/1522/report.pdf>
- IEE, & MAGAP. (2013). GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1: 25 000. [https://www.geoportalmg.gov.ec/geodescargas/loja/mt\\_loja\\_geomorfologia.pdf](https://www.geoportalmg.gov.ec/geodescargas/loja/mt_loja_geomorfologia.pdf)

- INERHI, PREDESUR, & CONADE. (1994). Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja. <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea02s/oea02s.pdf>
- Japón, D. E., Soto, V. C., & Romero, J. (2010). Inventario de los principales movimientos de masa presentes en el barrio San Cayetano de la Ciudad de Loja y su área de influencia directa. [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/16448>
- Jaramillo, D. (2002). INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1>
- Jiménez Estrella, A. F. (2022). Levantamiento geológico estructural de la vía Intervalles de la abscisa 13+300 a 16+400 del barrio la Merced, parroquia el Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja. [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/24614>
- Juárez, E., & Rodríguez, A. (2005). Mecánica de suelos y Alfonso Rico Rodríguez. [https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica\\_de\\_suelos\\_Tomo\\_I\\_Eulio\\_Ju%C3%A1rez\\_Badillo\\_y\\_Alfonso\\_Rico\\_Rodr%C3%ADguez](https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_I_Eulio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez)
- Melendez, B., & Fuster, J. (1985). Geología.
- Montaño, E. (2021). LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL A ESCALA 1:25000 DE LA ZONA SUR DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24333/1/EstefaniaElizabeth\\_Monta%C3%B1oPullaguari.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24333/1/EstefaniaElizabeth_Monta%C3%B1oPullaguari.pdf)
- Morales, A., Varajao, A., Mendes, C., & Carrión, P. (2006). Estado del arte de la arcilla de la provincia del Guayas y su proyección a la península de Santa Elena, Ecuador. [https://aguas.igme.es/Boletin/2006/117\\_4\\_2006/Art.%209.pdf](https://aguas.igme.es/Boletin/2006/117_4_2006/Art.%209.pdf)
- Muelas, A. (2002). Manual De Mecanica De Suelos Y Cimentaciones. uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/14240/manual-de-mecanica-de-suelos-y-cimentaciones-angel-muelas-rodriguez>

- Ortiz, R. (2011). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PDOT) DE LA PARROQUIA QUINARA PERTENECIENTE AL CANTON LOJA. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14771/1/Ortiz%20Torres%2C%20Richard%20Guillermo.pdf>
- Pozo Rodríguez, M. (1987). Mineralogía y sedimentología de la «Facies de las cuestas» en la zona central de la cuenca del Duero: Génesis de sepiolita y paligorskita [doctoralThesis]. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/672972>
- Rakhila, Y., Ezzahi, A., Elmchaouri, A., & Mestari, A. (2018). Synthesis and Characterization of a Red Clay Based New Composite Ceramic Material. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 8(7), Article 7. <https://doi.org/10.4236/ampc.2018.87020>
- Ramón, M. (1989). Evaluación aurífera de las terrazas en la Quebrada de las Minas cantón Loja [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18288>
- Rodríguez, I. (2013). Inventario de recursos minerales metálicos.
- Salinas, A., & Morales, D. (2010a). ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL DESARROLLO DE OPCIONES DE COSECHA DE LLUVIA Y MANEJO ADECUADO EN SISTEMAS DE RIEGO EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P10-10360.pdf>
- Salinas, A., & Morales, D. (2010b). Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. <https://isbn.cloud/9789968638029/manual-de-especificaciones-tecnicas-basicas-para-la-elaboracion-de-estructuras-de-captacion-de-a/>
- Sanchez, J., Florez, A., & Blanco, D. (2018). Las arcillas de las formaciones geológicas de un área metropolitana, su uso en la industria cerámica e impacto en la economía regional | *Revista EIA*. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1219>
- Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. <https://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

- Tello, V. L. (2013). Caracterización de las diatomitas de la Formación San Cayetano (Loja—Ecuador) [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/7726>
- Tlili, A., Felhi, M., & Montacer, M. (2010). Origin and Depositional Environment of Palygorskite and Sepiolite from the Ypresian Phosphatic Series, Southwestern Tunisia. *Clays and Clay Minerals*, 58, 573-584. <https://doi.org/10.1346/CCMN.2010.0580411>
- Unidad Técnica del Proyecto Panamá. (1978). Proyecto de Desarrollo Integrado de la Región Oriental de Panamá—Darién.
- Uribe, R. A. (2015). Investigaciones de Materias Primas Minerales No Metálicas en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 36(3), Article 3.
- Whitlow, R., & Delgado, K. (1998). Fundamentos de la mecánica de suelos Roy Whitlow | Karly Delgado. uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/100234/fundamentos-de-la-mecanica-de-suelos-roy-whitlow>
- Wisum, R. (2018). PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8504/1/53T0032.pdf>

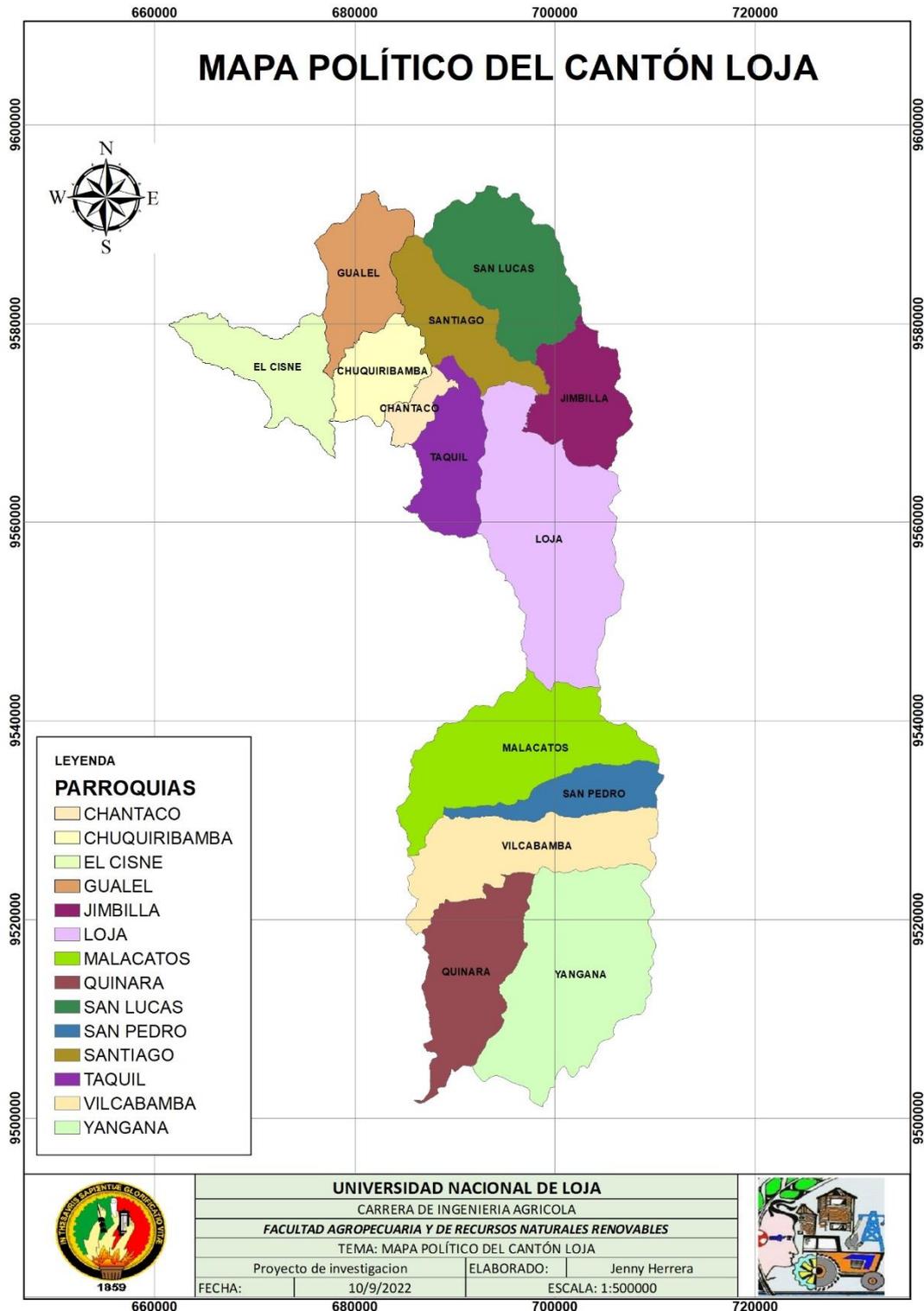
## 11. Anexos

### *Ficha de descripción de afloramientos.*

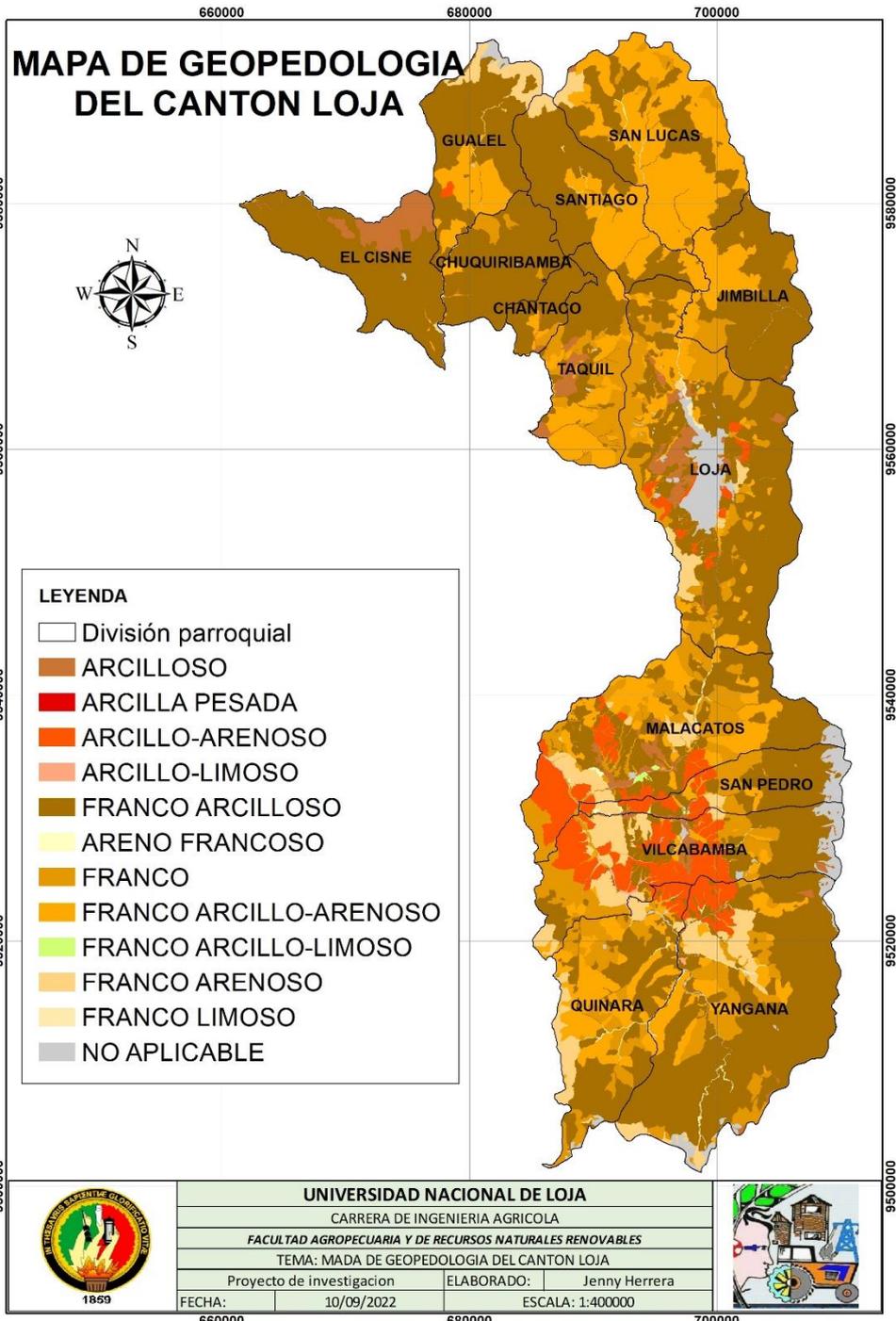
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
<b>AFLORAMIENTO 1</b>	M1-G1		<b>RESPONSABLE</b>
<b>UBICACIÓN</b>	X	681874	Jenny Herrera
	Y	9579942	
	Z	2628	
<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA</b>	Sacapalca		
<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</b>	Presenta rocas graníticas, biotitas de grano medio tiene un origen de secuencias volcánicas, en la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de material arcilloso que presenta un color amarillento claro.		
<b>FOTOGRAFÍA PANORÁMICA</b>			
			
<b>OBSERVACIONES</b>	Por medio de la observación in situ en la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de material disgregado, arcillas rojas y una capa considerable de cobertura vegetal.		

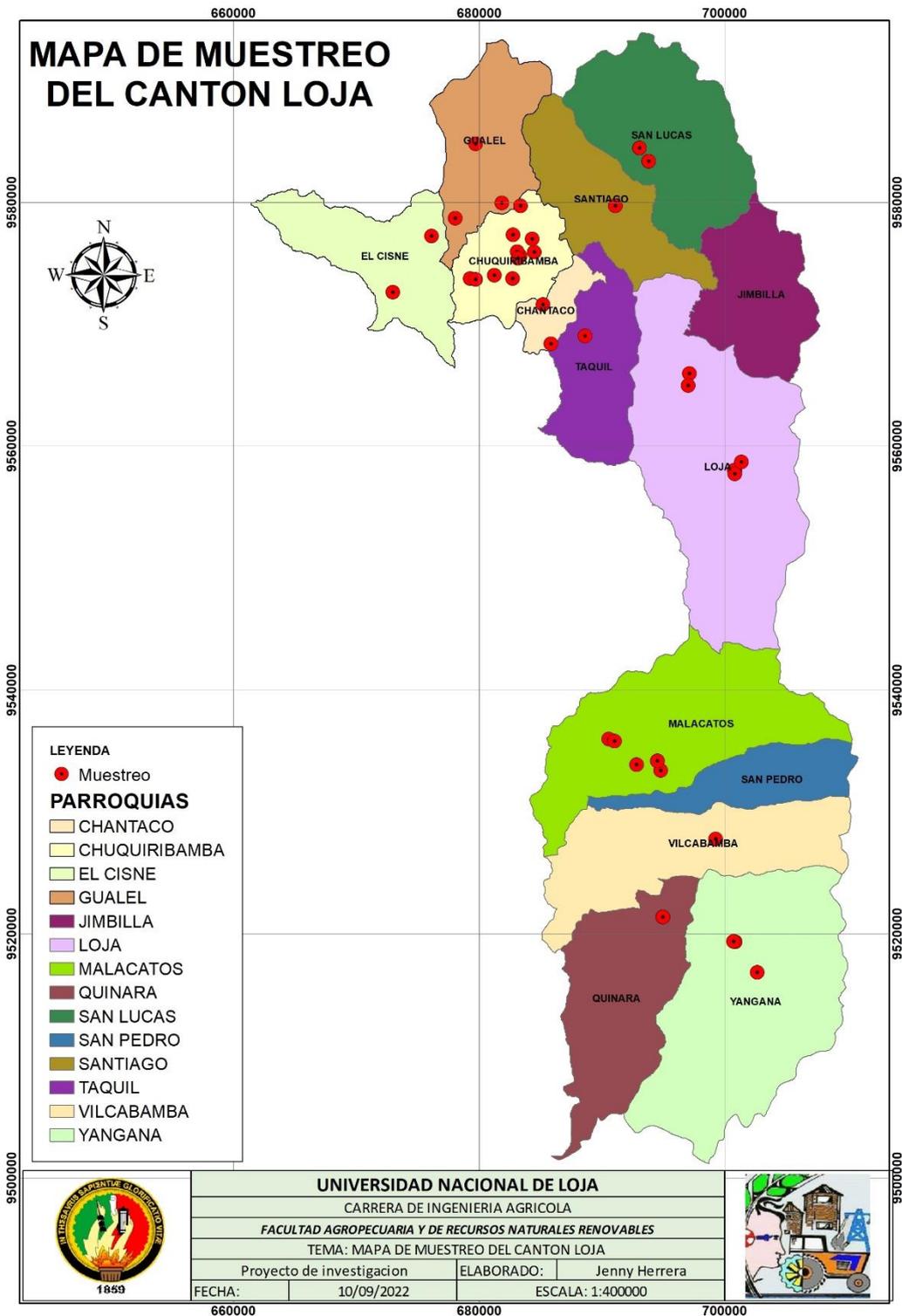
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO			
<b>AFLORAMIENTO 2</b>	M4-Ch1		<b>RESPONSABLE</b>
<b>UBICACIÓN</b>	X	683409	Jenny Herrera
	Y	9579709	
	Z	2675	
<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA</b>	Sacapalca		
<b>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</b>	Cuenta con una litología de Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados también está constituida por lavas andesíticas con capas piroclásticas intercaladas.		
<b>FOTOGRAFÍA PANORÁMICA</b>			
			
<b>OBSERVACIONES</b>	Por medio de la observación in situ en la zona de estudio se ha evidenciado la presencia de material disgregado, arcillas rojas y una capa considerable de cobertura vegetal.		

Anexo 1. Mapas generados para la obtención de información geológica de la zona

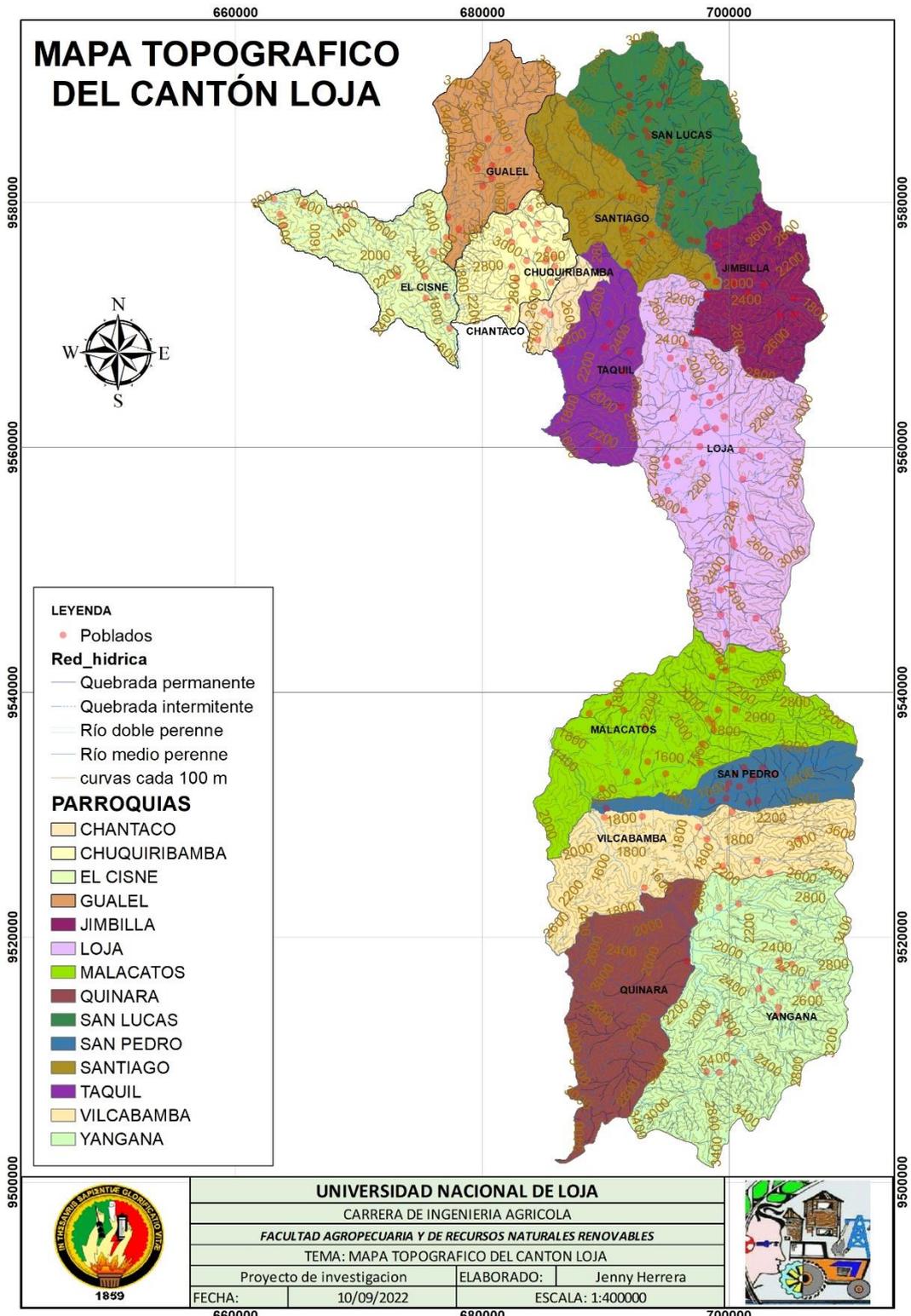








# MAPA TOPOGRAFICO DEL CANTÓN LOJA



**LEYENDA**

- Poblados
- Red\_hidrica**
- Quebrada permanente
- - - Quebrada intermitente
- Río doble perenne
- Río medio perenne
- curvas cada 100 m

**PARROQUIAS**

- CHANTACO
- CHUQUIRIBAMBA
- EL CISNE
- GUALEL
- JIMBILLA
- LOJA
- MALACATOS
- QUINARA
- SAN LUCAS
- SAN PEDRO
- SANTIAGO
- TAQUIL
- VILCABAMBA
- YANGANA



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>		
CARRERA DE INGENIERIA AGRICOLA		
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		
TEMA: MAPA TOPOGRAFICO DEL CANTON LOJA		
Proyecto de investigacion	ELABORADO:	Jenny Herrera
FECHA:	10/09/2022	ESCALA: 1:400000



## Anexo 2. Inventario de arcillas

- Documentar la información recolectada y elaborar un inventario de los yacimientos estratégicos de arcilla que presenten mejores características para ser usadas como material impermeabilizante en la construcción de reservorios.

Zona	Sector	Parroquia	Codificación	Coordenadas			Litología	Formación
				Latitud (m)	Longitud (m)	Altitud (msnm)		
NOROCCIDENTE	Llunlla	Gualel	G1	9579942,00	681874,00	2628	Rocas graníticas, granodiorita biotita de grano medio.	Sacapalaca
	Rodeo	Gualel	G2	9584787,00	679723,00	2708	Lavas andesíticas verdosas, localmente alteradas, meteorizadas e intercalaciones tobáceas	Celica
	El Ari	Gualel	G3	9578672,80	678087,00	2509	Esquistos cuarcitos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorizadas con intercalaciones volcánicas	Tahuín
	Romero	Chuquiribamba	Ch1	9579709,00	683409	2675	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	Palta	Chuquiribamba	Ch2	9577323,00	682772	2738	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	Guaillas Grande	Chuquiribamba	Ch3	9573729	679285	2457	Rocas graníticas, granodiorita biotita de grano medio.	Sacapalca
	Guaillas	Chuquiribamba	Ch4	9573676	679748	2526	Rocas graníticas, granodiorita biotita de grano medio.	Sacapalca
	Tesalia Alto	Chuquiribamba	Ch5	9573998	681268	2699	Rocas graníticas, granodiorita biotita de grano medio.	Sacapalca
	Cerro Santo Domingo	Chuquiribamba	Ch6	9573734	682762	2849	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	San Sigre	Chuquiribamba	Ch7	9575931	683116	2834	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	San Antonio	Chuquiribamba	Ch8	9575378	683205	2758	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	Gonzabal	Taquil	T1	9569030	688644	2101	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	Cahuachi	Chantaco	Cha1	9568398	685872	2079	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	Chantaco Alto	Chantaco	Cha2	9571611	685227	2330	Andesitas porfíricas grisáceas, tobas aglomeráticas localmente meteorizadas y aglomerados.	Sacapalca
	La Noma	El Cisne	Cis1	9577207	676157	2344	Esquistos cuarcitos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorizadas con intercalaciones volcánicas	Tahuín
	La Ramada	El Cisne	Cis2	9572618	673005	2335	Esquistos cuarcitos, filitas, cuarcitas y capas de rocas no metamorizadas con intercalaciones volcánicas	Tahuín

NORORIENTE	Vinuyacu Chico	San Lucas	SL1	9583372	693840	2210	Granodiorita con biotita.	Batolito San Lucas
	Vinuyacu	San Lucas	SL2	9584447	693077	2298	Granodiorita con biotita.	Batolito San Lucas
	Las Palmas	El Sagrario	L1	9557985	700839	2207	Areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas.	San Cayetano
	Buena Esperanza	El Sagrario	L2	9558009	700808	2207	Areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas.	San Cayetano
	Buena Esperanza	El Sagrario	L2	9558009	700808	2207		
	La Palmira	El Sagrario	L3	9557722	700843	2205	Areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas.	San Cayetano
	San Cayetano Bajo	El Valle	L4	9557989	70843	2200	Areniscas en capas delgadas, lutitas calcáreas, capas de carbón, conglomerados gruesos y diatomitas.	San Cayetano
	Florencia	Carigán	L5	9565928	697167	1990	Cantos rodados, grava, arenas y limos.	San Cayetano
	Lágrimas	Carigán	L6	9564971	697037	2023	Areniscas, limolitas y lutitas no metamorizadas.	Serie Zamora
	Sayo	Santiago	S1	9579698	691119	2419	Granodiorita con biotita	Batolito San Lucas
SUR	Taxiche	Malacatos	M1	9533402	694815	1532	Bloques angulosos fracturados de centrimétricos a métricos soportados en matriz limo arenosa, a veces con presencia de poros.	Quillollaco
	La Calera	Malacatos	M2		694550	1507	Cantos rodados, grava, arenas y limos.	Quillollaco
	Ceibopamba	Malacatos	M3	9535964	690595	1587	Clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca.	Quillollaco
	Trinidad	Malacatos	M4	9535789	691059	1587	Cantos rodados, grava, arenas y limos.	Quillollaco
	Santo Domingo	Malacatos	M5	9534163	694558	1774	Clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca.	Quillollaco
	Yamburara alto	Malacatos	M6	9533874	692855	1520	Clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca.	Quillollaco
	Quinara	Quinara	Q1	9521350	694995	1661	Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas.	Loma Blanca
	Quinara	Quinara	Q2	9521352	694991	1660	Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas.	Loma Blanca
	Yangana	Yangana	Y1	9519312	700890	1940	Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas.	Loma Blanca
	Yangana	Yangana	Y2	9519354	700742	1960	Aglomerados basales, tobas y brechas volcánicas.	Loma Blanca
	Yangana	Yangana	Y3	9516836	702658	1930	Esquistos sericiticos y grafitosos, filitas y gneis.	Serie Zamora
	Capamaco	Vilcabamba	V1	9527770	699300	1628	Clastos de rocas metamórficas y cuarzos, dentro de una matriz arenosa y capas de arenisca.	Quillollaco

Zona	Sector	Parroquia	Humedad		Límites de Consistencia							PROCTOR		BOYOUCO TEXTURA			
			Humedad de campo	Humedad higroscópica	LL	LP	LC	IP	Actividad Arcilla	Actividad hidrómetro	Actividad lavada	Densidad Máxima	Humedad Óptima	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
NOROCCIDENTE	Llunlla	Gualel	34,18	14,47	69,16	32,02	NP	37,00	3,09	0,71	1,68	1,40	29,00	18,00	29,60	52,40	Arcilloso
	Rodeo	Gualel	4,71	6,25	45,91	31,07	NP	14,84	NP	0,95	NP	1,46	25,90	52,40	32,00	15,60	franco arenoso
	El Ari	Gualel	4,88	4,91	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,74	19,80	NP	NP	NP	
	Romero	Chuquiribamba	33,07	12,06	62,20	42,97	NP	19,00	1,19	0,49	0,53	1,41	30,00	32,00	29,60	38,40	Franco arcilloso
	Palta	Chuquiribamba	57,96	17,98	70,36	56,9	NP	13	1,95	0,90	NP	1,19	32,65	58,00	27,6	14,4	Franco arenoso
	Guailas Grande	Chuquiribamba	22,37	7,95	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,75	18,10	50	29,2	20,8	Franco
	Guailas	Chuquiribamba	50,95	28,5	53,83	43,96	NP	10,00	1,17	0,53	NP	1,41	30,60	32	49,2	18,8	Franco
	Tesalia Alto	Chuquiribamba	29,5	12,89	29,94	37,26	NP	1,40	1,00	0,08	NP	1,56	25,00	48,8	34,4	16,8	Franco
	Cerro Santo Domingo	Chuquiribamba	32,27	17,48	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,46	28,10	57,6	32,6	9,8	Franco arenoso
	San Sigre	Chuquiribamba	56,18	7,68	50,93	41,90	NP	9,00	0,43	0,36	NP	1,32	20,75	36	39,2	24,8	Franco
	San Antonio	Chuquiribamba	28,84	3,71	42,59	33,13	NP	10,00	7,49	0,40	NP	1,53	25,80	37,4	37,8	24,8	Franco
	Gonzabal	Taquil	29,1	9,15	56,06	19,30	NP	37,00	5,65	0,92	0,75	1,50	25,90	36,00	23,60	40,40	Arcilloso
	Cahuachi	Chantaco	27,88	5,98	69,16	32,02	NP	37,00	5,12	1,87	NP	1,62	15,87	54,40	25,80	19,80	Franco Arenoso
				5,98	42,25	20,74	NP	21,00	0,23	1,06	NP	1,62	15,87	54,40	25,80	19,80	Franco Arenoso
	Chantaco Alto	Chantaco	36,37	17,79	84,06	50,44	NP	34,00	3,26	0,67	0,69	1,36	38,20	20,00	29,60	50,40	Arcilloso
	La Noma	El Cisne	7,94	7,64	60,61	32,58	NP	28,03	NP	NP	NP	1,28	40,00	14,40	18,00	67,60	Arcilloso
La Ramada	El Cisne	8,06	8,7	52,87	21,67	NP	31,20	NP	NP	NP	1,40	32,00	28,40	18,00	53,60	Arcilloso	
NORORIENTE	Vinuyacu Chico	San Lucas	16,42	1,30	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,835	14,5	90,4	3,8	5,8	Arenoso
	Vinuyacu	San Lucas	7,55	7,55	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,99	12,35	82,4	9,8	7,8	Franco arenoso
	Las Palmas	El Sagrario	20,72	1,80	44,85	27,65	NP	17,00	0,96	0,43	0,39	1,73	15,09	16,40	43,80	39,80	Franco limoso arcilloso
	Buena Esperanza	El Sagrario	20,65	3,74	64,41	39,77	NP	24,00	2,86	1,30	NP	1,22	37,80	64,00	17,60	18,40	Franco arenoso
	Buena Esperanza	El Sagrario		3,70													
	La Palmira	El Sagrario	36,06	10,69	74,76	40,20	NP	35,00	4,69	0,88	1,39	1,34	28,80	28,40	31,80	39,80	Franco arcilloso
	San Cayetano Bajo	El Valle	11,49	1,33	30,96	14,28	NP	17,00	0,69	NP	0,40	1,87	12,40	12,00	53,60	34,40	Franco limoso arcilloso
1,85				14,29													

Floren- cia	Carigán	10,72	1,80	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	2,09	9,90	62,4	27, 8	9,8	Franco arenoso
												2,185	7,7	72,4	19, 8	7,8	
Lágrima s	Carigán	6,45	1,45	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,971	10,6	76,4	15, 8	7,8	Franco arenoso
												2,1895	9,41	82,4	9,8		
Sayo	Santiago	12,44	NP	57,0 1	38,3 3	NP	18,6 8	NP	NP	NP	NP	1,23	41	44,4	32	23,6	Franco
SUR	Taxiche	Malacatos	2,05	0,71	16,4 2	12,0 8	NP	4,00	0,27	0,14	NP	2,08	8,70	54,40	17, 80	27,80	Franco arenoso arcilloso
	La Calera	Malacatos	5,67	5,67	34,8 4	22,5 5	NP	12,2 9	NP	NP	NP	1,65	20,00	NP	NP	NP	Franco- Arenoso
	Ceibopa mba	Malacatos	3,70	3,70	26,5 5	15,9 9	NP	10,5 6	NP	NP	NP	1,71	16,70	NP	NP	NP	Franco- Limoso
	Trinidad	Malacatos	4,03	4,03	30,1 3	14,8 5	NP	15,2 8	NP	0,43	NP	1,78	16,00	24,00	40, 00	35,60	Franco- Arenoso
	Santo Domingo	Malacatos	2,50	2,50	27,0 1	10,0 0	NP	17,0 1	NP	NP	NP	1,95	12,50	NP	NP	NP	Franco- Arenoso
	Yambur ara alto	Malacatos	3,14	3,14	27,9 0	17,8 7	NP	10,0 3	NP	NP	NP	1,77	15,90	NP	NP	NP	Franco- Limoso
	Quinara	Quinara	31,69	12,77	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,511	21,5	48,72	39, 64	11,64	Franco
	Quinara	Quinara	26,07	7,07	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	1,583	18,9	62,72	27, 64	9,64	Franco arenoso
	Yangana	Yangana	31,73	5,55	45,4 7	32,4	NP	13,0 7	9,15	0,61	NP	1,594	21	42,4	36, 16	21,44	Franco
	Yangana	Yangana	19,67	5,53	27,1 8	16,9 3	NP	10,2 5	1,18	0,58	NP	1,91	12,8	54,72	27, 64	17,64	Franco arenoso
	Yangana	Yangana	14	2,21	25,1 8	10,4 1	NP	14,7 7	5,76	0,84	NP	1,907	11,5	46,72	35, 64	17,64	Franco
	Capama co	Vilcabamba	2,38	2,38	22,9	10,3 4	NP	NP	NP	NP	NP	1,92	13	52,4	20	27,6	Franco arenoso arcilloso

Zona	Sector	Parroquia	CIC		Granulometría húmeda (%pasa en peso del T200)	S U C S	AASH TO	Color tabla de Munsell	Observación
			R1	R2					
NOROCCIDENTE	Llunlla	Gualel	22,70	23,80	NP	S C	A-2-7	7.5YR 7/8 reddish yellow	Sin concesionar
	Rodeo	Gualel	11,60	14,20	98,00	N D	ND	5YR 7/6 reddish yellow	Sin concesionar
	El Ari	Gualel	17,50	15,80	87,00	N D	ND	2.5Y 8/6 yellow	Sin concesionar

	Romero	Chuquiribamba	35,00	24,80	99,07	S M	A-2-7	5YR 6/8 reddish yellow	Sin concesionar	
	Palta	Chuquiribamba	31,80	36,70	98,8	S M	A-2-7	5YR 6/8 reddish yellow	Sin concesionar	
	Guaillas Grande	Chuquiribamba	15,60	12,70	85,27	N D	A-1-b	5Y 8/4 pale yellow	Sin concesionar	
	Guaillas	Chuquiribamba	22,10	22,50	98,4	S M	A-2-5	7.5 YR 7/8 reddish yellow	Sin concesionar	
	Tesalia Alto	Chuquiribamba	17,50	15,70	81,53	S W	A-1-b	10 YR 7/4 very pale brown	Sin concesionar	
	Cerro Santo Domingo	Chuquiribamba	19,00	17,00	87,27	N D	A-1-a	10 YR 7/6 yellow	Sin concesionar	
	San Sigre	Chuquiribamba	17,40	17,50	99	S M	A-2-5	7.5YR 7/6 reddish yellow	Sin concesionar	
	San Antonio	Chuquiribamba	17,00	14,00	95,07	S W	A-2-5	7.5 YR 8/6 reddish yellow	Sin concesionar	
	Gonzabal	Taquil	37,30	37,10	70,67	S C	A-2-7	10 YR 4/2 dark grayish brown	Hacienda gonzabal	
	Cahuachi	Chantaco	65,10	67,30		S C	A-2-7	5YR 4/3 reddish brown	Sin concesionar	
			NP	NP	92,47	N D		5YR 4/3 reddish brown	Sin concesionar	
	Chantaco Alto	Chantaco	22,20	18,30	98,87	S M	A-2-7	7.5YR 6/8 reddish yellow	Dentro de cultivos	
	La Noma	El Cisne	156,30	164,00	98,80	N D	ND	5YR 5/8 yellowish red	Sin concesionar	
	La Ramada	El Cisne	14,90	18,60	94,20	N D	ND	7.5 YR 4/4 brown	Sin concesionar	
NORORIENTE	Vinuyacu Chico	San Lucas	5,50	7,00	92,33	N D	A-1-b	2.5Y 6/8 olive yellow	Sin concesionar	
	Vinuyacu	San Lucas	6,20	5,90	70,07	N D	A-1-a	10 YR 7/6 yellow	Sin concesionar	
	Las Palmas	El Sagrario	27,90	23,70	97,73	S M	A-2-7	10YR 6/1 gray	Cerca de una concesión minera	
	Buena Esperanza	El Sagrario	24,00	29,90	93,80	S M	A-2-7	7.5YR 8/1 white	Cerca de una concesión minera	
	Buena Esperanza	El Sagrario	NP	NP	NP			7.5YR 8/1 white	Cerca de una concesión minera	
	La Palmira	El Sagrario	17,20	18,30	99,00	S M	A-2-7	5YR 8/1 white	Sin concesionar	
	San Cayetano Bajo	El Valle		12,70	12,20	97,60	S C	A-2-6	10YR 7/1 light gray	Sin concesionar
							N D		10YR 7/1 light gray	Sin concesionar
Florenzia	Carigán		15,20	14,40	72,80	N D	A-1-a	2.5Y 7/1 light gray	Sin concesionar	
								2.5Y 7/1 light gray	Sin concesionar	

	Lágrimas	Carigán	10,70	11,40	72,80	ND	A-1-a	2.5Y 6/2 light brownish gray	Sin concesionar
								2.5Y 6/2 light brownish gray	Sin concesionar
	Sayo	Santiago	39,00	36,60	NP	ND	ND	10YR 6/4 light yellowish brown	Sin concesionar
SUR	Taxiche	Malacatos	NP	NP	NP	SM/S/C	A-1-b	10YR 5/2 light gray	Sin concesionar
	La Calera	Malacatos	23,80	25,40	86,73		ND	10YR 5/3 brown	Sin concesionar
	Ceibopamba	Malacatos	16,10	16,20	95,07	ND	ND	7.5YR 8/3 pink	Sin concesionar
	Trinidad	Malacatos	20,90	21,10	96,67	ND	ND	10YR 4/6 dark yellowish brown	Sin concesionar
	Santo Domingo	Malacatos	12,90	13,30	82,4	ND	ND	10YR 7/3 very pale brown	Sin concesionar
	Yamburara alto	Malacatos	17,30	18,60	92,4	ND	ND	7.5YR 8/3 pink	Fábrica de adobe del señor Alejandro Bravo
	Quinara	Quinara	44,80	41,80	15,27	ND	A-1-b	10YR 7/2 light gray	Sin concesionar
	Quinara	Quinara	47,40	47,00		ND	A-1-b	10YR 7/3 very pale brown	Sin concesionar
	Yangana	Yangana	45,80	48,20	98,27	SW/S/P	A-2-7	5Y 8/2 pale yellow	Sin concesionar
	Yangana	Yangana	11,00	11,00	83,67	SC	A-2-4	7.5YR 6/8 reddish yellow	Sin concesionar
	Yangana	Yangana	12,40	12,40	92,20	SW	A-2.6	10YR 8/3 very pale brown	Sin concesionar
	Capamaco	Vilcabamba	11,60	12,60	83,80	ND	ND	10YR 8/4 very pale brown	Sin concesionar

**Anexo 4.** Traducción del Abstract

Loja 1 de agosto 2024

La suscrita Mgs. Nancy Eline Imaicela Abad, **DOCENTE EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES**, a petición de parte interesada y en forma legal.

**CERTIFICA:**

Que la traducción del trabajo de titulación **‘inventario de yacimientos de arcillas con potencialidades para ser utilizados como material impermeabilizante en reservorios para cosecha de agua en el sector rural del cantón Loja** de autoría de la Señorita **Herrera Soto Jenny Gabriela, con cedula de ciudadanía No 1150309142** ha sido realizado y aprobado por mi persona LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES, con numero de registro de título en la Senescyt 1830 - 025 -1557 Pág. 46-48 El apartado del Abstract es una traducción textual del resumen aprobado en español.

[articular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento hacer el uso legal pertinente.



Mgs, Nancy Eline Imaicela Abad

**ENGLISH TEACHER.**