



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Caracterización físico – mecánica y química de arcillas del sector Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR: Valle Bustamante, Ángel Leonardo.

DIRECTOR: Guartán Medina, José Arturo, MSc.

LOJA – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Magister.

José Arturo Guartán Medina.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN.

De mi consideración.

El presente trabajo de fin de titulación: Caracterización físico – mecánica y química de arcillas del sector Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja realizado por Ángel Leonardo Valle Bustamante ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo de 2015.

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Ángel Leonardo Valle Bustamante declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: Caracterización físico – mecánica y química de arcillas del sector Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, de la Titulación Geología y Minas siendo José Arturo Guartán Medina director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.”

f).....

Ángel Leonardo Valle Bustamante.

1104638299

DEDICATORIA

Dedico este logro primeramente a Dios por haberme dado la vida y guiar cada uno de mis pasos, a mis padres Ángel y Mery (†) quienes han sido mi apoyo emocional, moral y económico.

En especial a mi madrecita “viejita” que desde niño me inculco los valores de amistad y respeto, me brindó sus sabios consejos y ahora desde el cielo me dió las fuerzas necesarias para continuar y no abandonar la batalla antes de tiempo.

A mis hermanos Estrella, Wilmer, Cecibel y María, que siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba, ayudándome a cumplir esta meta en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios, a mis padres y mis hermanos que son el eje fundamental en mi vida.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, a los docentes de la Titulación de Geología y Minas quienes implantaron sus conocimientos basándose en valores éticos y morales.

En especial al MSc. José Arturo Guartán director de mi tesis, a la Ing. Verónica Freire, quienes con sus conocimientos me ayudaron a elaborar esta investigación. A la Dra. Silvia González Directora del Departamento de Química Aplicada y la Ing. Jessica Cuesta que siempre me brindaron su apoyo y conocimientos.

A mis compañeros tesistas Wilman Díaz y Marco Valarezo, los cuales siempre supieron darme una mano amiga cuando lo necesitaba.

Finalmente agradezco a todos mis amigos que de una u otra manera son parte de este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
ASBTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
GENERALIDADES	5
5.1. ANTECEDENTES.....	6
5.1. JUSTIFICACIÓN.....	7
5.1. OBJETIVOS.....	8
CAPÍTULO II.....	9
ASPECTOS FÍSICOS – GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	10
2.2. ACCESO.....	12
2.3. HIDROGRAFÍA.....	13
2.4. CLIMATOLOGÍA Y VEGETACIÓN.....	14
CAPÍTULO III.....	15
GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	15
3.1. GEOMORFOLOGÍA.....	16
3.2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	17
3.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	20
CAPÍTULO IV	23
METODOLOGÍA.....	23
4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	24
4.2. TRABAJO DE CAMPO.....	25
4.3. TRABAJOS DE LABORATORIO.....	25
4.3.1. <i>Preparación inicial de las muestras.....</i>	<i>26</i>
a) <i>Secado.....</i>	<i>26</i>
b) <i>Triturado.....</i>	<i>26</i>
c) <i>Eliminación de materia Orgánica y Carbonatos.....</i>	<i>27</i>
4.3.2. <i>Ensayos.....</i>	<i>27</i>
a) <i>Mecánicos.....</i>	<i>27</i>
b) <i>Físicos.....</i>	<i>27</i>
c) <i>Químicos.....</i>	<i>29</i>
CAPÍTULO V	30
ANÁLISIS DE RESULTADOS	30

5.1.	RESULTADOS DE LAS MUESTRAS.	33
a)	<i>Muestra L1 - M1</i>	33
b)	<i>Muestra L2 - M1</i>	34
c)	<i>Muestra L3 - M1</i>	35
d)	<i>Muestra L4 - M1</i>	36
e)	<i>Muestra L5 - M1</i>	37
f)	<i>Muestra L6 - M1</i>	38
g)	<i>Muestra L7 - M1</i>	39
h)	<i>Muestra L8 - M1</i>	40
i)	<i>Muestra L9 - M1</i>	41
j)	<i>Muestra L10 - M1</i>	42
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA	45
	ANEXOS	47
	ANEXO I. FICHAS DE CAMPO.	48
	ANEXO II. PROCEDIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.	59
	ANEXO III. ENSAYOS DE LABORATORIO.	69
	ANEXO IV. REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	94
	ANEXO V. MAPA DE LAS ZONAS DE INTERÉS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	10
Figura 2. Ruta del área de Estudio.	12
Figura 3. Hidrografía del área de estudio.	13
Figura 4. Foto de los relieves de la hoya de Loja.	16
Figura 5. Secciones estratigráficas de la Cuenca Sedimentaria de Loja.	18
Figura 6. Mapa geológico del polígono de estudio.....	20
Figura 7. Arcillas de la Unidad Chiguinda.	21
Figura 8. Arcillas de la Formación Quillollaco.	21
Figura 9. Arcillas de la Formación San Cayetano.	22
Figura 10. Secado natural de la muestra.	26
Figura 11. Aparato Mecánico de trituración.....	26
Figura 12. Eliminación de la materia orgánica.	27
Figura 13. Picnómetro para determinar la densidad.	28
Figura 14. Agitador de muñeca con velocidad regulable.	28
Figura 15. Resultados de análisis difracción de Rayos X L1 - M1.....	33
Figura 16. Resultados de análisis difracción de Rayos X L2 - M1.....	34
Figura 17. Resultados de análisis difracción de Rayos X L3 - M1.....	35
Figura 18. Resultados de análisis difracción de Rayos X L4 - M1.....	36
Figura 19. Resultados de análisis difracción de Rayos X L5 - M1.....	37
Figura 20. Resultados de análisis difracción de Rayos X L6 - M1.....	38
Figura 21. Resultados de análisis difracción de Rayos X L7 - M1.....	39
Figura 22. Resultados de análisis difracción de Rayos X L8 - M1.....	40
Figura 23. Resultados de análisis difracción de Rayos X L9 - M1.....	41
Figura 24. Resultados de análisis difracción de Rayos X L10 - M1.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.....	11
Tabla 2. Coordenadas de los puntos de recolección de muestras.	11
Tabla 3. Características físicas, mecánicas y químicas para los ensayos.	25
Tabla 4. Clasificación de suelos SUCS.....	31
Tabla 5. Clasificación de arcillas según superficie específica.	32
Tabla 6. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L1 - M1.....	33
Tabla 7. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L2 - M1.....	34
Tabla 8. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L3 - M1.....	35
Tabla 9. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L4 - M1.....	36
Tabla 10. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L5 - M1.....	37
Tabla 11. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L6 - M1.....	38
Tabla 12. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L7 - M1.....	39
Tabla 13. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L8 - M1.....	40
Tabla 14. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L9 - M1.....	41
Tabla 15. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L10 - M1.	42
Tabla 16. Clasificación del pH de los suelos.	67

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación se realizó la caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la parte Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

Se efectuó una descripción geológica de la zona donde se recolectaron 10 muestras, las cuales se ubican en las formaciones sedimentarias Quillolaco, San Cayetano y Trigal. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la Titulación de Geología y Minas, dentro de los procesos que se aplicó están: secado natural, triturado, tamizado y eliminación de materia orgánica y carbonatos.

Posteriormente se procedió a realizar los ensayos físicos, químicos y mecánicos, en base a estos ensayos se obtuvo materiales de alta plasticidad que se encuentran en el grupo de las esmectitas. Mediante la Difracción de rayos X realizada por Proinstra se determinó su mineralogía, la cual se basa esencialmente en Montmorillonita, Illita, Caolinita y Cuarzo.

El análisis de resultados de la investigación permitió la elaboración de un mapa a escala 1: 15.000 de las zonas de interés donde se realizó el muestreo.

Palabras claves: descripción litológica, esmectitas, formaciones sedimentarias.

ASBTRACT

In this research we had perform a physica - mechanical and chemical characterization of the clay from the South west sedimentary miocene basin of Loja.

There was performed a geologic description of the zone were 10 samples were taken, that samples were located in the sedimentary formations of Quillolaco, San Cayetano and Tigral.

The samples were processed in the geology and mines laboratory, certain processes were applied at this samples including natural drying, crushing, sieving and the elimination of organic matter and carbonate.

After doing this, physical, mechanical and chemical trials were performed and we got materials of high plasticity found in the group of the smectites. With the XRD performed by Proinstra we could determinate their mineralogy that is basically based in the montmorillonite, illite, kaolinite and quartz.

The analysis of the final results led the elaboration of a map of 1:15.000 scale of the interest zones were the samples were taken

Keywords: geologic description, smectites, sedimentary formations.

INTRODUCCIÓN

Las arcillas representan hoy en día una de las principales materias primas para la fabricación de cerámicos de la construcción; éstas se encuentran en cualquier tipo de formación desde la más antigua hasta la más reciente. Además el uso de las mismas se ha extendido hasta la nanotecnología.

Esta investigación pretende caracterizar los estratos de arcilla presentes en la zona Sur – Oeste de la Cuenca de Loja, con la finalidad de conocer sus propiedades las cuales nos permitirán establecer su empleo dentro de la industria, aportando al proyecto macro “Desarrollo de una aplicación semántica que integre propiedades físico – químicas, tecnológicas e ingenieriles de arcillas naturales del Ecuador con potencial uso tecnológico.”, para lo cual se recolectó previo a un estudio geológico detallado muestras para su análisis.

El trabajo realizado se resume en 5 capítulos. En el capítulo I “Generalidades”, nos da una idea clara de los objetivos a cumplir en la investigación.

El capítulo II “Aspectos Físicos – Geográficos de la zona de estudio”, permite conocer la ubicación del polígono, su acceso por vías primarias y secundarias para la recolección de muestras, los drenajes hídricos que la zona presenta, como también el clima y su vegetación.

El capítulo III “Geología del Área de Estudio”, se basa esencialmente en las diferentes geoformas presentes en la Cuenca de Loja, caracterizadas por un medio lacustre de origen deposicional provocado por el levantamiento de la Cordillera de los Andes. Sus formaciones geológicas sedimentarias que descansan discordantemente sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chiguinda y el tipo de litología que se encuentra en el polígono de estudio.

El capítulo IV “Metodología”, aquí se explica cada uno de los parámetros que se utilizó para la presente investigación, como son la recopilación de información, trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

Se detalla cada ensayo mecánico, físico y químico que se realizó a diez muestras recolectadas las cuales se las etiquetó con los siguientes códigos: L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9 y L10.

El capítulo V “Análisis de Resultados”, permite conocer los valores obtenidos de los ensayos realizados a cada muestra, en los que se puede observar que los índices de plasticidad son mayores al 50%, la superficie específica es mayor a 200 m²/g, indicativo de la presencia de

montmorillonita, concluyendo así que las arcillas de la zona Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, son materiales de alta plasticidad que se encuentran dentro del grupo de las esmectitas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

5.1. Antecedentes.

Se considera a la arcilla como una roca sedimentaria que surge de la descomposición de rocas que contienen feldespatos, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años. Está compuesta por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura.

Desde hace miles de años la arcilla sirvió al hombre como materia prima de construcción de múltiples objetos, con el tiempo su importancia económica llegó a ser tan grande que no existen actividades donde no se las considere o no se las use.

En la actualidad las arcillas comerciales, aquellas que sirven como materia prima industrial figuran entre los recursos minerales más importantes, tanto por el volumen explotado como por el valor de la producción. Un 90% de la producción se dedican preferentemente a la fabricación de materiales de construcción (ladrillo, teja, losas y baldosas) y agregados (cemento, cerámicas, papel, pinturas). Sólo un 10% se dedica a otras industrias (fabricación de papel, caucho, pinturas, absorbentes, decolorantes, arenas de moldeo, productos químicos y farmacéuticos, agricultura, etc). **(García & Suárez, 2002).**

En general al primer tipo (las que se utilizan en construcción), se las denomina arcillas cerámicas, arcillas para la construcción o arcillas comunes, compuestas por dos o más minerales de la arcilla, generalmente illita y esmectita, con importantes cantidades de otros minerales que no son filosilicatos (carbonatos, cuarzo, etc.). **(García & Suárez, 2002).**

Al segundo tipo (las que se utilizan en agregados), se las denomina arcillas especiales, son arcillas constituidas fundamentalmente por un sólo tipo de mineral, y sus propiedades dependen esencialmente de las características de ese mineral. Éstas, a pesar de ser mucho menos importantes en volumen, superan más del 70% el valor de las arcillas comerciales, y son objeto de comercio internacional. **(García & Suárez, 2002).**

En el territorio nacional en 75 áreas se explota arcillas y caolines, la mayor concentración de áreas se localizan en la región austral en las cuencas intermontañas de Cuenca – Biblian – San Fernando y Loja – Malacatos – Catamayo, en éstas cuencas existe arcillas de excelente calidad, las cuales genéticamente están relacionadas a cuencas sedimentarias lacustres de edad Miocénica. **(Paladines & Soto, 2010).**

Su uso se extiende en más del 50% en procesos de manufacturación y construcción, actualmente con el avance tecnológico y la necesidad de un crecimiento económico se ha

despertado el interés de estudiar y mejorar los usos de nuestros recursos minerales no renovables, dentro los cuales no solo están los minerales metálicos, sino también minerales y rocas industriales como es el caso de las arcillas.

Para esto se ha recopilado información de la tesis, “CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR NORTE DE CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA”. **(Flores Carpio, 2013)**.

5.1. Justificación.

El presente proyecto de investigación se llevó a efecto con la colaboración del Departamento de Química (DQ), el Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil (DGMIC) de la Universidad Técnica Particular de Loja, cuyo nombre del proyecto macro es “Desarrollo de una aplicación semántica que integre propiedades físico – químicas, tecnológicas e ingenieriles de arcillas naturales del Ecuador con potencial uso tecnológico.” Esta investigación, se realizó con la aspiración de seguir con el estudio de arcillas en la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja en el sector Sur – Oeste de la misma.

La minería no metálica ha tenido un gran auge en nuestro país, siendo primordial el estudio de las arcillas en nuestra zona. Los beneficios que conlleva investigar mecánica, física y químicamente las arcillas son múltiples, debido a las diversas aplicaciones que se les pueda dar, generando recursos tanto económicos como laborales en la ciudad de Loja.

Por tanto, el interés principal de esta investigación es la caracterización físico – mecánica y química de arcillas del sector Sur – Oeste de la Cuenca de Loja, con la finalidad de determinar su composición mineralógica y comportamiento mecánico.

5.1. Objetivos.

Objetivo General.

- Determinar los minerales que contienen las arcillas del sector Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

Objetivos específicos.

- Describir geológica y litológicamente los afloramientos del área de estudio.
- Determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las arcillas de interés.
- Definir la composición mineralógica de cada muestra.
- Elaborar un mapa de delimitación de las zonas de interés.

CAPÍTULO II

ASPECTOS FÍSICOS – GEOGRÁFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Localización Geográfica.

El trabajo de investigación se efectuó en la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, la misma que forma parte de las estructuras geomorfológicas conocidas como Cuencas Sedimentarias Intermontanas, ubicadas dentro de la Cordillera Central de los Andes del Sur del Ecuador.

Loja se ubica en los $3^{\circ}59'49.27''$ de latitud S y los $79^{\circ}12'05.2867''$ de longitud W, con una altitud promedio de 2100 m.s.n.m.

El área a estudiar se encuentra ubicada en la Provincia de Loja, Cantón Loja, en la parte Sur Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja. (Figura 1).

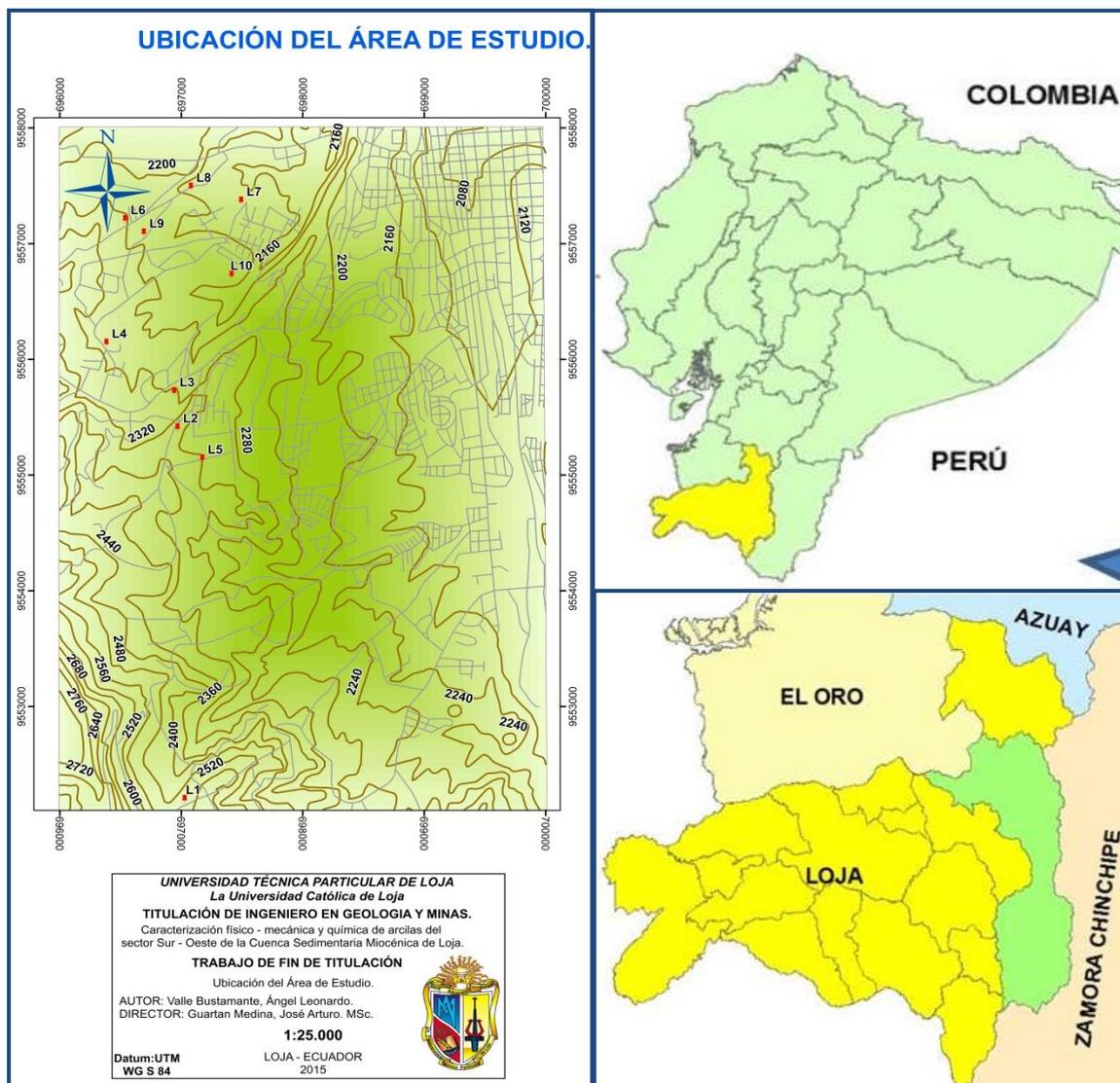


Figura 1. Ubicación del área de estudio.
Fuente: Valle, A.

La zona de estudio se ubica en el sector Sur de la Cuenca Sedimentaria de Loja en el flanco Oeste, dentro de los sectores: Las Pampas de los Yumas, Argelia, Chontacruz, Las Palmas, Menfis y Punzara. A continuación se detalla las coordenadas de ubicación exacta del área de estudio. (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

COORDENADAS Datum WGS 84	
X	Y
696000	9552000
700000	9552000
696000	9558000
700000	9558000

Fuente: Valle, A.

Dentro del polígono mediante un estudio geológico previo, se encontró la presencia de arcilla, por su granulometría fina y plasticidad, por lo tanto se efectuó un muestreo puntual y aleatorio. (Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de recolección de muestras.

PUNTO	COORDENADAS Datum WGS 84		
	X	Y	Z
L1	697028	9552200	2505
L2	696970	9555410	2333
L3	696942	9555722	2282
L4	696384	9556142	2268
L5	697174	9555142	2303
L6	696538	9557210	2239
L7	697493	9557369	2174
L8	697079	9557490	2186
L9	696692	9557094	2227
L10	697415	9556730	2222

Fuente: Valle, A.

2.2. Acceso.

El acceso a los puntos de muestreo dentro del polígono se realizó en vehículo, a través de vías terrestres (Figura 2), de primer y segundo orden.

El punto 1 se ubicó en la zona Pampa de los Yumas, se accedió por la vía que conduce a la ciudadela Julio Ordoñez de segundo orden, el acceso se lo puede realizar con cualquier tipo de vehículo de preferencia camioneta.

A los puntos 2, 3, 4, 5 se ingresó a través de la vía de integración barrial, la misma que es de primer orden y se encuentra en estado construcción.

Los puntos 6, 7, 9 y 10, se ubicaron en el Sector Menfis (alto, medio y bajo), el acceso para el punto 6 se lo realizó por la vía de integración barrial, para el punto 7, 9 y 10 se accedió por una vía de segundo orden.

Finalmente el punto 8 se ubicó en el barrio San Francisco, se accedió a través de una vía de segundo orden.

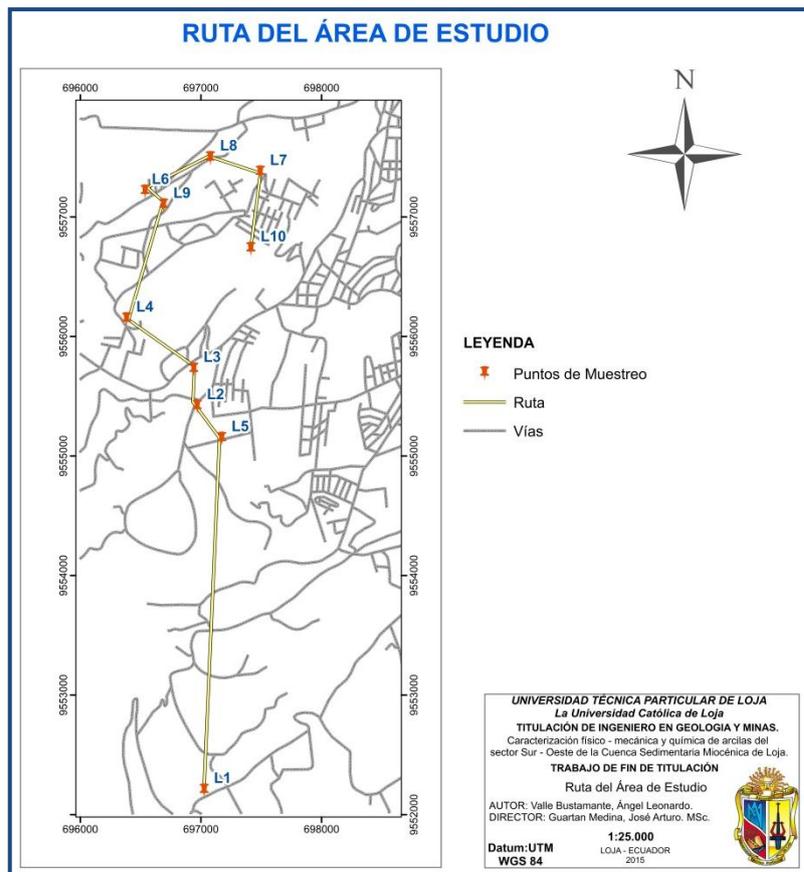


Figura 2. Ruta del área de estudio.
Fuente: Valle, A.

2.3. Hidrografía.

La hidrografía de la zona de estudio se caracteriza por un drenaje principal que recorre la ciudad de Sur a Norte por el centro de la hoya conocido como río Malacatos.

La red hidrográfica se define como dendrítica, el drenaje principal es el río Malacatos que está alimentado por las quebradas menores como: Curitroje, Santa Urdu, al Este del área, y hacia al Oeste las quebradas Quilluyacu y Potrerillos. (Figura 3).

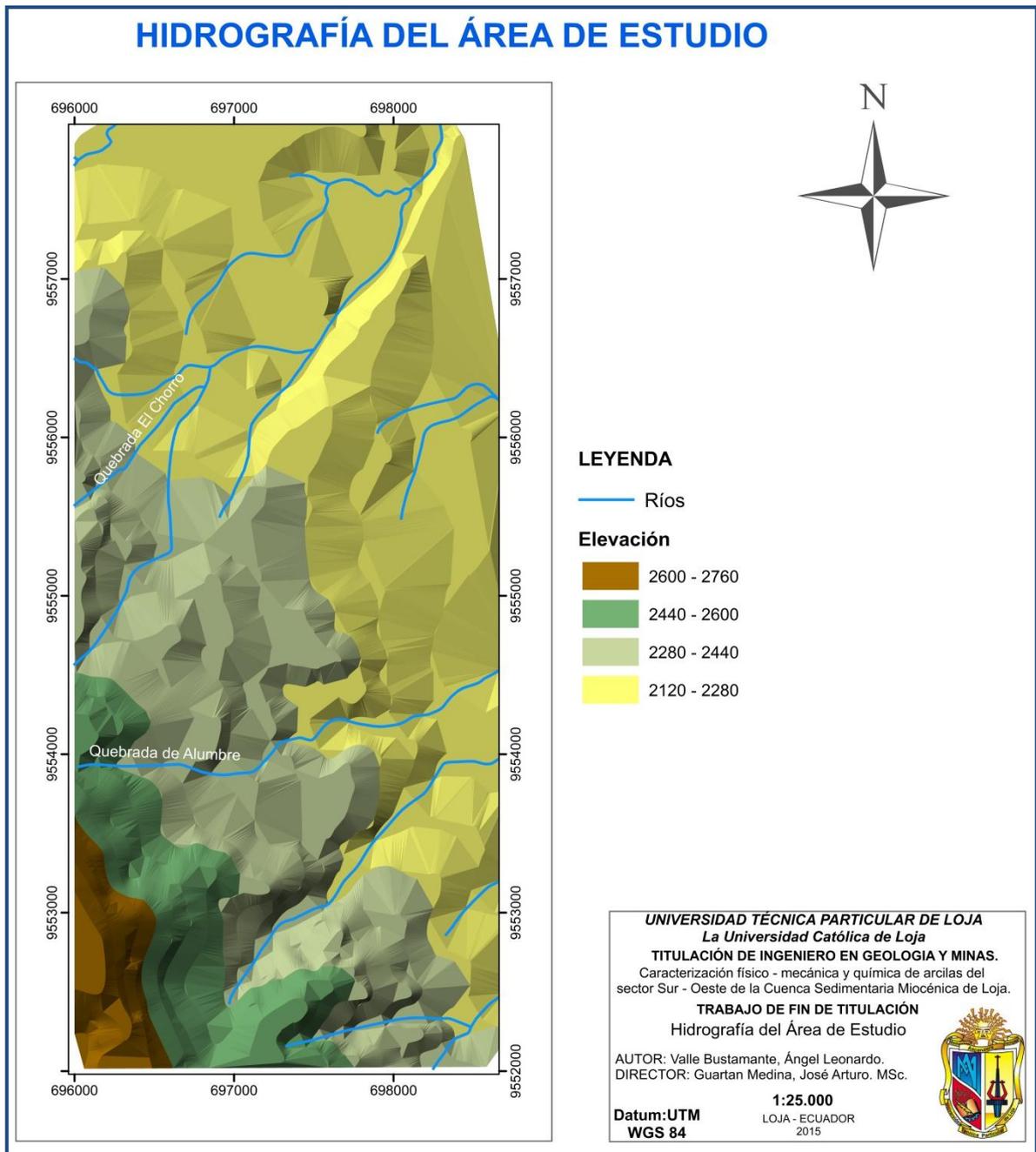


Figura 3. Hidrografía del área de estudio.
Fuente: Valle, A.

2.4. Climatología y vegetación.

La Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja presenta un clima temperado – subhúmedo, con una temperatura media del aire de 16°C. La oscilación anual de la temperatura lojana es de 1,5°C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo a menudo por la noche.

La ciudad de Loja posee un microclima marcado, siendo el sector Nororiental más cálido que el resto del área urbana.

La Provincia de Loja considerada por Humbolt como "El Jardín Botánico del Sur del Ecuador" y hoy como "Nudo Botánico", presenta una significativa abundancia, variación e intrincada distribución vegetal. La topografía y la orientación de sus cordilleras, los influjos costero y oriental, así como el desierto que avanza desde el sur le dan cierta peculiaridad. Las cuencas hidrográficas han determinado verdaderos "nichos" de vegetación, definiendo condiciones de especiación o por lo menos de gran variación ecotípica **(INERHI-PREDESUR-CONADE, 2000)**.

La vegetación, básicamente define cuatro grupos característicos: vegetación boscosa constituida por alisos, pinos, eucalipto y romerillos, la vegetación arbustiva caracterizada por chamana y chilca, luego tenemos la vegetación de llanura que comprende hierba y pajonales.

Finalmente la vegetación conformada por los cultivos de la zona que sirven de economía para la misma, en la que se encuentran hortalizas, legumbres y algunas hierbas de especies.

En el área de estudio se pudo observar especies vegetales como:

- ✓ Eucalipto.
- ✓ Pinos.
- ✓ Pastizales.
- ✓ Hierbas y
- ✓ Áreas de cultivos.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Geomorfología.

El área de estudio se encuentra ubicado en los terrenos Olmos – Loja, dentro de la Cuenca Sedimentaria Intermontana de Loja, cuyo relieve geomorfológico es muy variado, teniendo así algunas geoformas de una agradable vista paisajística de la ciudad. Las formaciones sedimentarias se han depositado discordantemente sobre el basamento de rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda.

Presenta dos tipos de formación, el primero de origen tectónico provocado por el levantamiento de la Cordillera de los Andes y el segundo de origen deposicional en un medio lacustre característico de edades miocénicas. Las geoformas que se presentan son las siguientes:

Relieves tectónicos.

Son aquellos que se han desarrollado en las rocas metamórficas de edad precámbrica afectadas por procesos orogénicos en el levantamiento de los Andes Ecuatorianos.

En la zona de estudio se puede apreciar relieves montañosos empinados que componen las rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda, sobre este basamento se asientan discordantemente formaciones sedimentarias. (Figura 4).

La geomorfología que presenta esta zona se caracteriza por un relieve de tipo fluvial que forma valles en “V”, el sector corresponde a un patrón de drenaje dendrítico.

La Cuenca ha sido controlada por fallas de orientación Norte – Sur y Este – Oeste, las que han influenciado en la división de la Cuenca en dos secciones, Oriental y Occidental.



Figura 4. Foto de los relieves de la hoya de Loja.
Fuente: Valle, A.

Relieve de origen deposicional.

Acercándose al centro del valle las pendientes son más suaves y está representado por colinas medianas y altas, de carácter sedimentario dejando al pie de sus laderas depósitos coluviales. Ya en el centro las pendientes son suaves casi planas de hasta 5% conformada por terrazas aluviales producidas por los ríos Malacatos y Zamora Huayco.

3.2. Geología regional.

La hoya de Loja, está conformada por una secuencia sedimentaria muy variada, donde el esquema estratigráfico de depositación, se desarrolló en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno).

La serie sedimentaria se encuentra sobrepuesta discordantemente sobre el basamento de rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda. Según información de Dominic Hungerbuhler (2002), la Cuenca se encuentra dividida en dos secciones estratigráficas (Figura 5), cada sección se compone de formaciones geológicas de características similares.

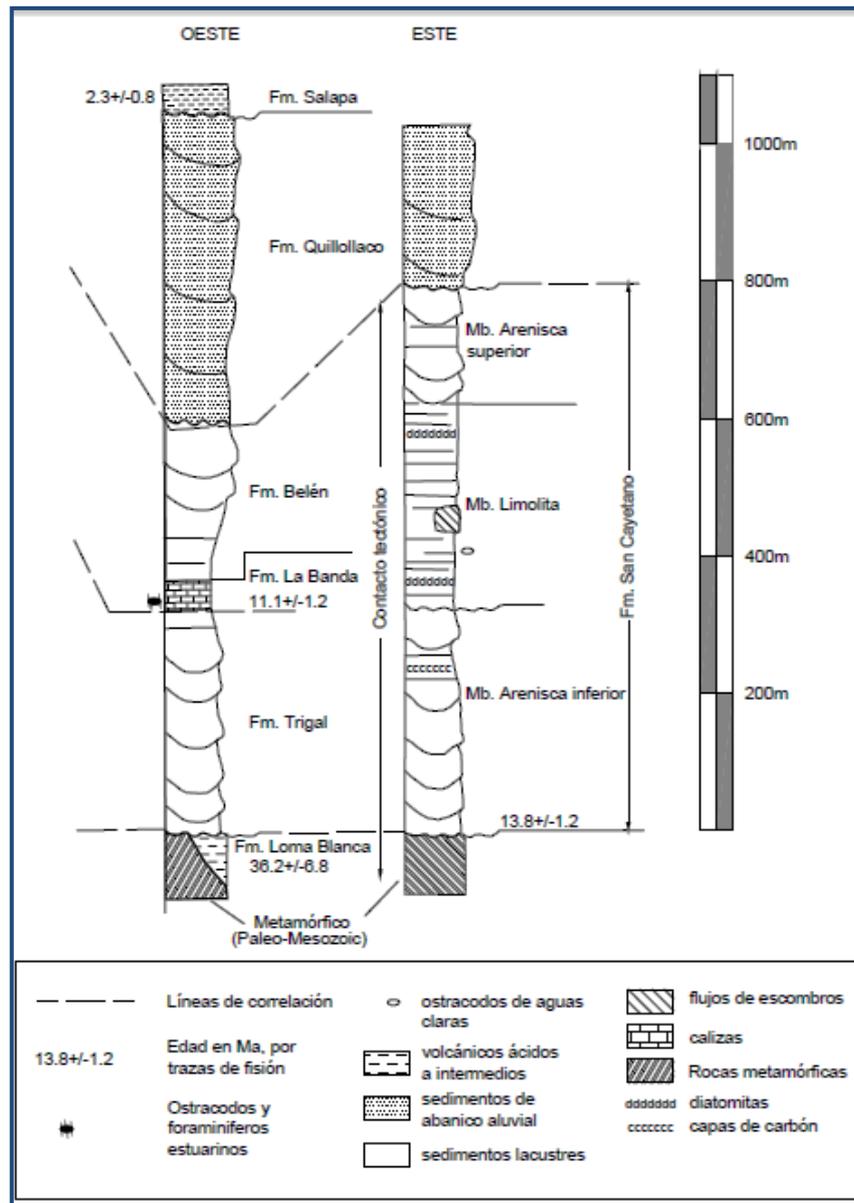


Figura 5. Secciones estratigráficas de la Cuenca Sedimentaria de Loja.
Fuente: D. Hungerbühler, 2002.

Unidad Chiguinda.

Esta unidad constituye el basamento de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja. Se encuentra constituida por rocas metamórficas (filitas, esquistos, pizarras, cuarcitas y metacuarcitas) de edad Paleozoica.

Formación Trigal.

De edad Miocena Media está formada por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños

clastos volcánicos > 1 cm) y capas menores de limonitas. Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el Oeste a 150 m en el Este hacia el contacto con la Formación la Banda.

Formación La Banda.

Formado por un estrato de 10 a 20 m de potencia consecuencia intercalada desde caliza masivas, lutitas carbonatadas, capas de chert y areniscas de grano fino.

Formación Belén.

Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granulado, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor 300 m, está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.

Formación Quillollaco.

Está presente al Este y Oeste de la cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600 m, al este de la ciudad de Loja. La formación está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.

Formación San Cayetano.

Esta formación aflora a lo largo del río Zamora. Está compuesta de tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior consta de capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. El miembro medio está constituido de lutitas laminadas de color gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con presencia de fósiles. El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero con tendencia a ser estratocreciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío a último.

Formación Salapa.

La Formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas Paleozóicas, contiene clastos líticos y tobas ricos en vidrio (transformados a caolinita), formación más joven de edad Pliocénico.

3.3. Geología Local.

El polígono de investigación está ubicado en la zona Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria de Loja y cubre las formaciones características del flanco Oeste tal como se muestra en la (Figura 6), donde afloran arcillas de diferentes propiedades como se detalla a continuación:

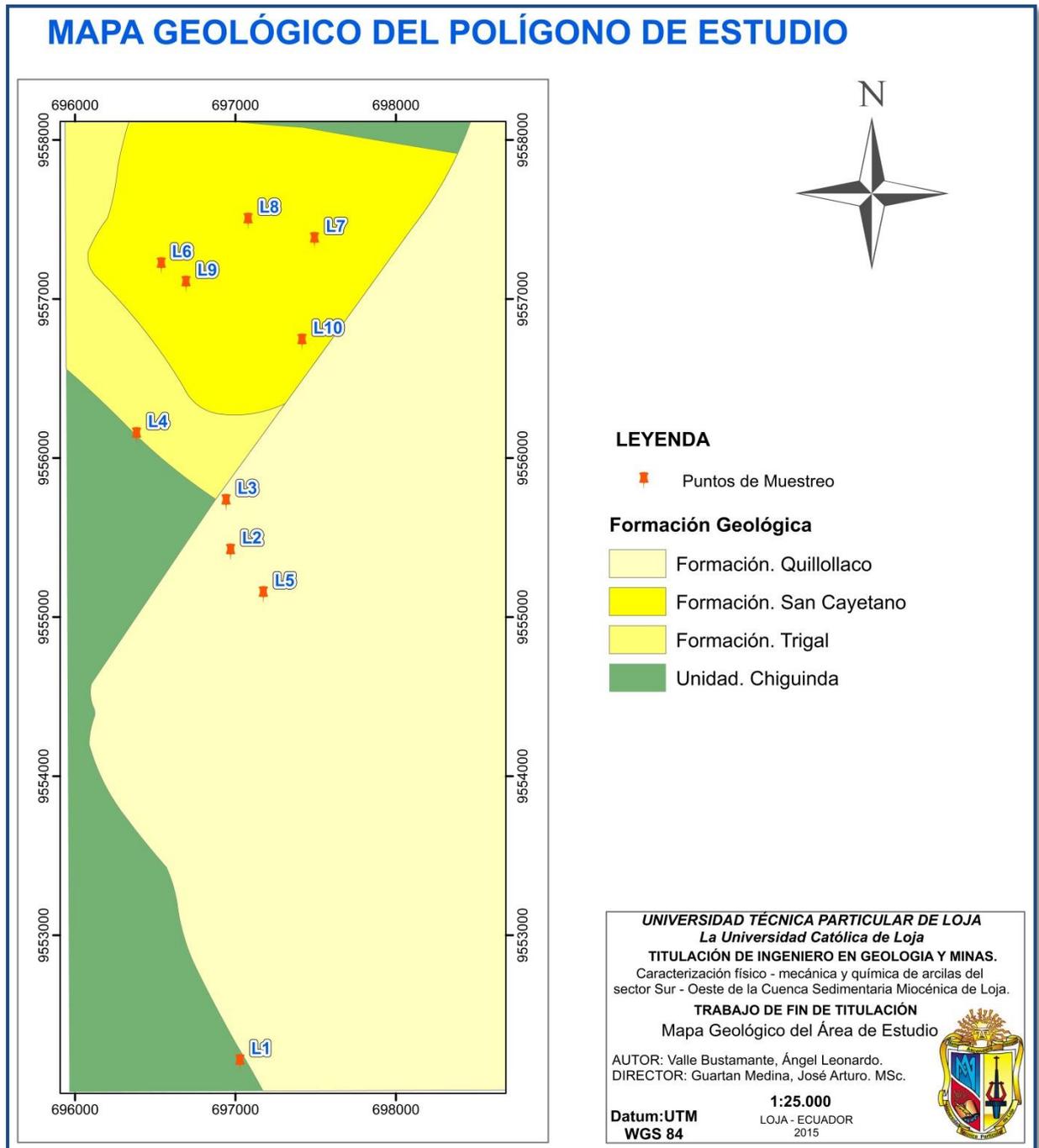


Figura 6. Mapa geológico del polígono de estudio.
Fuente: Valle, A.

En la extremo Sur (L1), del polígono afloran arcillas producto de la meteorización de las rocas metamórficas del basamento, que contienen clastos angulares como esquistos, cuarzo y gneis, presentan una mala clasificación granulométrica, de tonalidad café, plasticidad de media a baja. (Figura 7).



Figura 7. Arcillas de la Unidad Chiguinda.
Fuente: Valle, A.

En la centro (L2, L3, L4, L5), del polígono se puede observar bloques de arcillas de alta plasticidad con intercalaciones de conglomerados y limos, los conglomerados presentan una granulometría homogénea con clastos subredondeados, estos afloramientos pertenecen a la Formación Quillollaco que se caracteriza por tener conglomerados granulados y la Formación Belén que presenta areniscas con estratificación cruzada con lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. (Figura 8).



Figura 8. Arcillas de la Formación Quillollaco.
Fuente: Valle, A.

En el Norte (L6, L7, L8, L9), del polígono aflora la Formación San Cayetano, compuesta por areniscas, lutitas y conglomerados con intercalaciones de arcillas y limos, y la Formación Trigal compuesta de areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados, se encuentran afloramiento de arcilla que contienen un índice de plasticidad de media – alto de diferentes tonalidades con intercalaciones de limos y arenas. (Figura 9).



Figura 9. Arcillas de la Formación San Cayetano.
Fuente: Valle, A.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

La presente investigación se inició con la recopilación de información sobre estudios realizados en arcillas de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja, también se indagó sobre los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las características que condicionan el uso de las arcillas.

Luego de analizar la información seleccionada, se efectuó un estudio geológico de la zona para definir los puntos estratégicos de muestreo, luego de ello se procedió con la recolección de las muestras de arcilla.

La siguiente etapa consistió en la preparación de las muestras, con la finalidad de obtener las arcillas en condiciones óptimas para sus respectivos análisis físicos, químicos y mecánicos mediante ensayos de laboratorio, definidos en la primera etapa del proyecto “CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS ARCILLAS DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA”, mediante los cuales se obtuvo la información de las características y propiedades de cada una de las muestras.

4.1. Recopilación de información.

Se realizó la búsqueda, selección y análisis de documentos, libros, papers, enlaces web, tesis, y demás material bibliográfico, que posee información relacionada con la zona de estudio ubicada en la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja y utilizar esta información como base para el presente trabajo.

La primera fase de la recolección de información radicó en la tesis “CARACTERIZACIÓN FÍSICO – MECANICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR NORTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA”, (**Flores Carpio, 2013**), luego de ello se definió la zona de exploración para su respectiva descripción geológica, con la finalidad de obtener los puntos de muestreo en base a dos parámetros: primero la información expuesta en la mencionada tesis y segundo que la zona de exploración no sea una zona poblada.

Otro de los documentos más importantes dentro de la investigación es el libro MECÁNICA DE SUELOS TOMO 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos (**Juárez Badillo & Rico Rodriguez, 1969**), en el cual se encuentra la información necesaria sobre la clasificación de suelos en base a sus características mecánicas como son límites de Atterberg y clasificación granulométrica.

4.2. Trabajo de campo.

Se realizó tres salidas de campo a la zona de estudio; la primera consistió en el reconocimiento del lugar, luego se llevó a cabo la etapa de exploración y descripción litológica.

El equipo que se utilizó en el trabajo de campo, consiste básicamente en:

- ✓ GPS.
- ✓ Brújula.
- ✓ Martillo de Geólogo.
- ✓ Lupa.
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Carta topográfica y geológica.
- ✓ Fundas y recipientes plásticos (Recolección de muestras).
- ✓ Ácido clorhídrico al 10%.
- ✓ Flexómetro.
- ✓ Palas.

Finalizada la etapa de exploración y descripción litológica se describió 50 afloramientos artificiales y naturales en la zona, de los cuales se redujo a 10, teniendo en cuenta las zonas en donde se contaba con mayor cantidad de arcilla y que no sean pobladas. El muestreo se realizó, superficialmente y representativo de los estratos de granulometría fina. Se recolectó un total de 10 muestras distribuidas en diez puntos. (Tabla 2, Capítulo II).

4.3. Trabajos de laboratorio.

Es la fase en la cual, luego de la recolección de muestras se procedió a la preparación de cada una de ellas, para realizarles los ensayos pertinentes (Tabla 3), que nos ayudó a definir las características principales del material arcilloso.

Tabla 3. Características físicas, mecánicas y químicas para los ensayos.

TRABAJOS DE LABORATORIO	
PROPIEDADES	ENSAYOS
MECÁNICAS	
<i>Límites de Atterberg</i>	<i>Límite líquido, Límite plástico</i>
FÍSICAS	
<i>Densidad o Peso Específico</i>	<i>Absorción de azul de metileno</i>
QUÍMICAS	
<i>pH</i>	<i>Determinación de Ph</i>
<i>Mineralogía</i>	<i>Difracción de Rayos X (DRX)</i>

Fuente: Valle, A.

4.3.1. Preparación inicial de las muestras.

a) *Secado.*

Consiste en eliminar el contenido de humedad que presentan las muestras debido a los diferentes agentes externos a los que se encuentran expuestas, se lo realizó a temperatura ambiente para evitar alteraciones. (Figura 10).



Figura 10. Secado natural de la muestra.
Fuente: Valle, A.

b) *Triturado.*

Se realizó con la finalidad de obtener una granulometría homogénea y fina, de las muestras recolectadas en el campo, para lo cual se utilizó rodillos metálicos y un molino doméstico (Figura 11). Una vez triturada la muestra se tamizó por el tamiz de malla N° 200, tamaño idóneo para realizar los ensayos pertinentes.

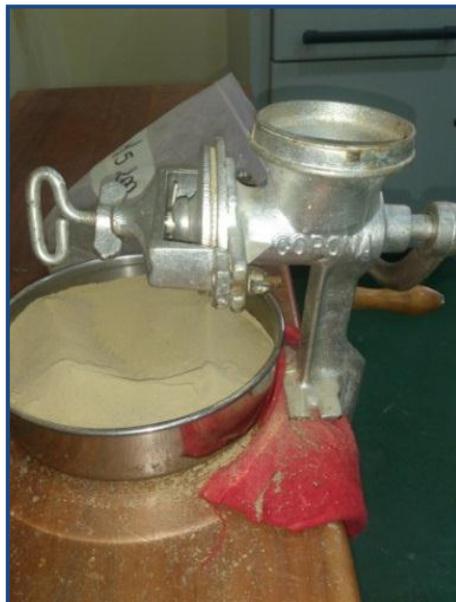


Figura 11. Aparato Mecánico de trituración.
Fuente: Valle, A.

c) **Eliminación de materia Orgánica y Carbonatos.**

La eliminación de la materia orgánica y carbonatos se efectuó para obtener la muestra en estado puro, siendo así más factible su análisis mineralógico.

Para materia orgánica se pesó 60 g de muestra en vasos de precipitación, a los cuales se les aplicó 30 ml de agua oxigenada al 30% y 20 ml de agua destilada, luego se agitó con una varilla, cada 30 minutos se colocó 10 ml de agua oxigenada hasta que deje de reaccionar.

Los carbonatos se los eliminó con ácido clorhídrico diluido al 10%, se pesó 60 g de muestra en vasos de precipitación a los cuales se les aplicó 30 ml de ácido clorhídrico y 20 de agua destilada, y en intervalos de 5 minutos se aplicó 5 ml de ácido hasta que deje de reaccionar (Figura 12).



Figura 12. Eliminación de la materia orgánica.
Fuente: Valle, A.

4.3.2. Ensayos.

a) **Mecánicos.**

Dentro de los ensayos mecánicos se encuentran los límites de Atterberg (límite líquido – límite plástico), que nos permiten caracterizar el comportamiento de los suelos finos, para ello se utilizó 150 g de muestra que pasó por la malla N° 40 según la norma A.S.T.M. (García & Suárez, 2002). (Anexo II).

b) **Físicos.**

Los ensayos físicos que se realizó son:

Densidad o peso específico.- se determinó utilizando el método del picnómetro como se muestra en la (Figura 13) (Anexo II).

$$Pe = \frac{(P2 - P1)}{(P3 - P1) - (P4 - P1)}$$

Dónde:

Pe= peso específico.

P1= peso picnómetro vacío.

P2= peso picnómetro + muestra.

P3= peso picnómetro + agua.

P4= peso picnómetro + muestra + agua.



Figura 13. Picnómetro para determinar la densidad.
Fuente: Valle, A.

Superficie específica.- se calculó con el ensayo de azul de metileno el cual mide la capacidad de una arcilla para adsorber cationes de la solución, donde los cationes de intercambio existentes en la superficie de la arcilla son reemplazados por cationes de azul de metileno. (Figura 14 y Anexo II).



Figura 14. Agitador de muñeca con velocidad regulable.
Fuente: Valle, A.

c) Químicos.

Determinación de pH.

Para determinar el pH se mezcló en un vaso de precipitación 10 g de muestra con 25 ml de agua destilada.

Se agito durante 10 minutos para que las partículas sólidas se disuelvan con el agua, una vez efectuado este proceso se dejó en reposo durante 30 minutos.

Se calibra el equipo de mediación de pH (peachímetro) y se introduce el electrodo para realizar la lectura. (Anexo II).

Difracción de rayos X.

En este tipo de ensayos es fundamental la correcta eliminación de agentes cementantes y amorfos (materia orgánica y carbonatos), ya que estos pueden traer consecuencias que pueden alterar los resultados tales como:

Evitan una dispersión adecuada.

Reducen la intensidad de las líneas de difracción de los minerales.

Evitan una orientación adecuada de los minerales laminares cuando se preparan agregados orientados.

Incrementan la difusión de los rayos X en la muestra analizada.

Disminuyen la intensidad del haz primario.

La difracción de rayos X ayuda a describir las propiedades mineralógicas de cada muestra.

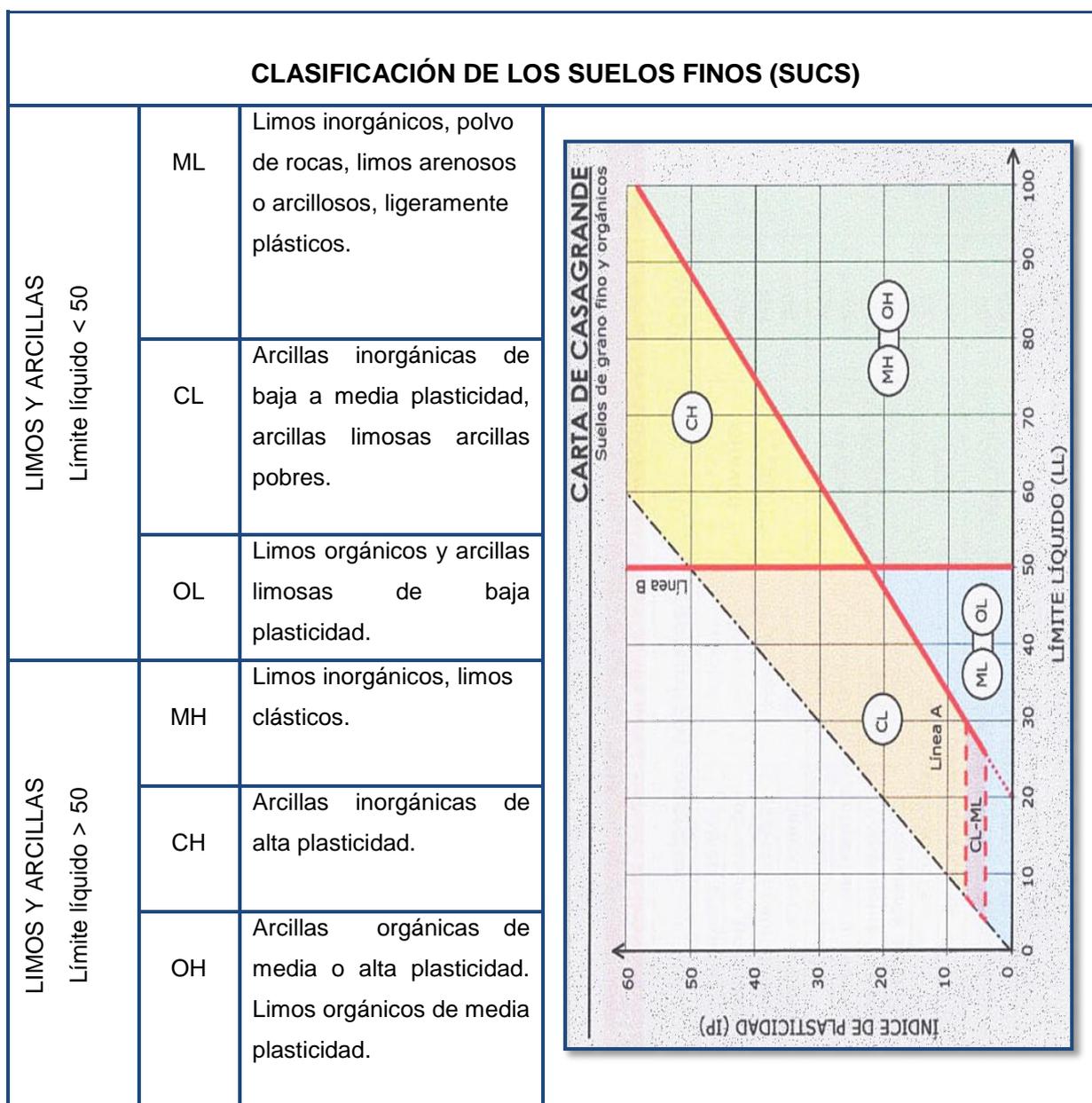
CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados que se detallan a continuación son producto de la planificación y desarrollo de varias fases de trabajo, logrando así determinar las características mecánicas, físicas y químicas de los suelos del sector Sur – Oeste de la Cuenca Sedimentaria de Loja, donde se recolecto las respectivas muestras.

Las propiedades mecánicas, que se realizó a cada muestra permitieron definir el tipo de suelo y las características que estos presentan, basándonos en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). (Tabla. 4).

Tabla 4. Clasificación de suelos SUCS.



Fuente: Badillo, E. J., & Rodríguez, A. R. (1969). Mecánica de suelos.
Editado por: Valle, A.

Dentro de las propiedades físicas, concretamente superficie específica ha sido otro de los indicadores para clasificar el tipo de arcilla con la que hemos estado trabajando, para ello se hizo uso de tablas que han sido utilizadas dentro de la industria como de la cerámica y otros (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de arcillas según superficie específica.

Tipo de Arcilla	Superficie específica m²/g
Grupo – Caolín (Caolinita, dicita Nacrita, halosita).	5 - 20
Grupo – mica hidrosa: Subgrupo – Illita. Subgrupo – Vermiculita.	100 – 200.
Grupo – Esmectitas: (Montmorillonita, beidelita, Nontronita).	300 – 500. 700 – 800.

Fuente: Ashburner, J. E., & Sims, B. G. (1984).

Editado por: Valle, A.

La determinación de los componentes con cristalización definida presentes en las muestras se realizó empleando un Difractómetro D2 PHASRE, con ayuda del software Difrac plus para la medición, EVA y TOPAS 4.2 para la identificación y cuantificación de las fases cristalinas presentes en cada una de las muestras.

Los resultados obtenidos de cada una de las muestras en el presente proceso investigativo sirven de base para estudios posteriores en la parte Sur de la Cuenca de Loja.

En base a los resultados obtenidos de los análisis realizados a cada muestra se elaboró un mapa a escala 1:15.000 de las zonas de interés. (Anexo V).

5.1. Resultados de las muestras.

a) Muestra L1 - M1.

Se recolectó del sector Punzar Alto, con coordenadas 697028 E; 9552200 N; 2505 msnm. El afloramiento presenta estratos alterados de arcillas de color café, presentan una potencia de 2 m. Son materiales de alta plasticidad. (Anexo I. Ficha 1).

Tabla 6. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L1 - M1.

L1 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 80%	SE = 280,57 m ² /g	pH = 4,9	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 31%			Caolinita	Illita
IP = 49%	& = 2,50 g/cm ³		Moscovita	Phengita
			Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 280,57 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 80%, un límite plástico (LP) de 31% y un índice de plasticidad (IP) de 49%, basado en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo muy fuertemente ácido de acuerdo al valor obtenido de pH de 4,9.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 44,16% y Caolinita 30,48%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 15).

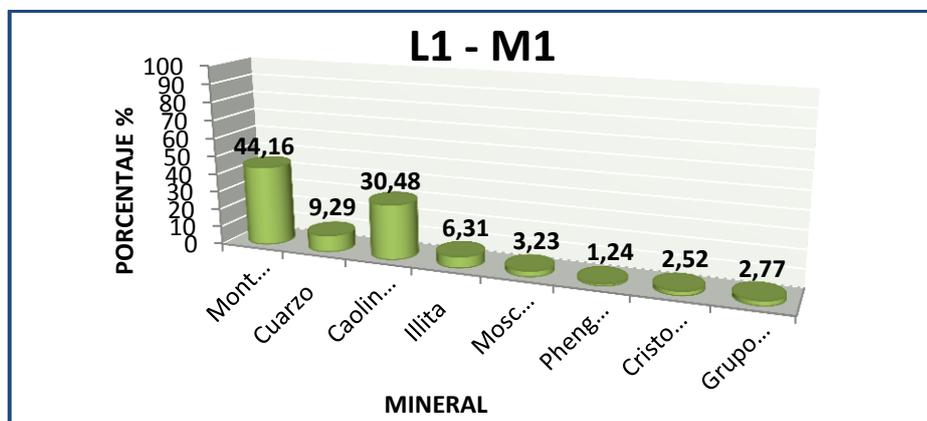


Figura 15. Resultados de análisis difracción de Rayos X L1 - M1.

Fuente: Valle, A.

b) Muestra L2 - M1.

Se recolectó por la vía de integración barrial, con coordenadas 696970 E; 9555410 N; 2333 msnm. El afloramiento presenta una secuencia de bloques de conglomerado, arena y limo – arcilloso con una potencia de 20 m, de coloración gris con presencia de oxidaciones en los contactos de cada uno de sus estratos. (Anexo I. Ficha 2).

Tabla 7. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L2 - M1.

L2 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 103%	SE = 418,75 m ² /g	pH = 7,2	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 23%			Caolinita	Illita
IP = 80%	γ = 3 g/cm ³		Moscovita	Phengita
			Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 418,75 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 103%, un límite plástico (LP) de 23% y un índice de plasticidad (IP) de 80%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo neutro de acuerdo al valor obtenido de pH de 7,2.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvieron valores representativos de Montmorillonita 52,23%, Illita 16,39% y Cuarzo 10,46%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 16).

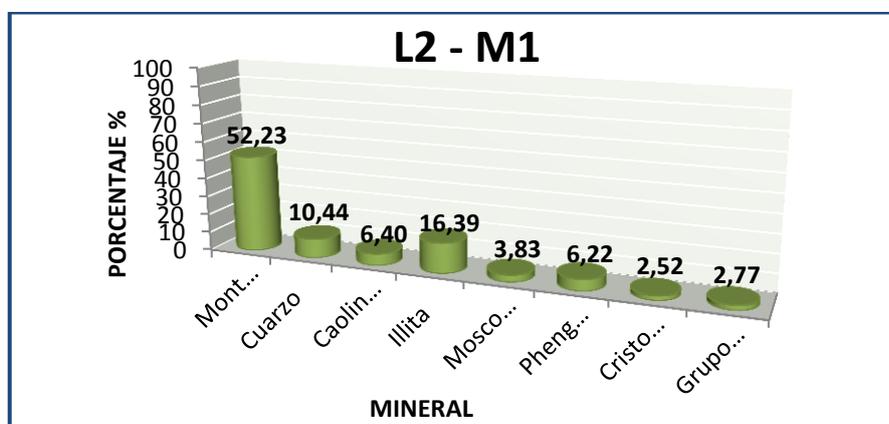


Figura 16. Resultados de análisis difracción de Rayos X L2 - M1.

Fuente: Valle, A.

c) Muestra L3 - M1.

Se recolectó por la vía de integración barrial, con coordenadas 696942 E; 9555722 N; 2282 msnm. El afloramiento presenta estratos de arcillas de diferente tonalidad con una potencia 4 m, Son materiales que presentan alta plasticidad, con la presencia de pequeños clastos de roca. (Anexo I. Ficha 3).

Tabla 8. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L 3 - M1.

L3 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 100 %	SE = 483,88 m ² /g	pH = 6,5	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 22 %			Caolinita	Illita
IP = 78 %	γ = 2,06 g/cm ³		Moscovita	Phengita
		Cristobalita	Grupo plagioclasa	

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 483,88 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 100%, un límite plástico (LP) de 22% y un índice de plasticidad (IP) de 78%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo ligeramente ácido de acuerdo al valor obtenido de pH de 6,5.

Mediante el análisis de difracción de rayos realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 58,61%, Illita 14,19%, y Cuarzo 11,69%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 17).

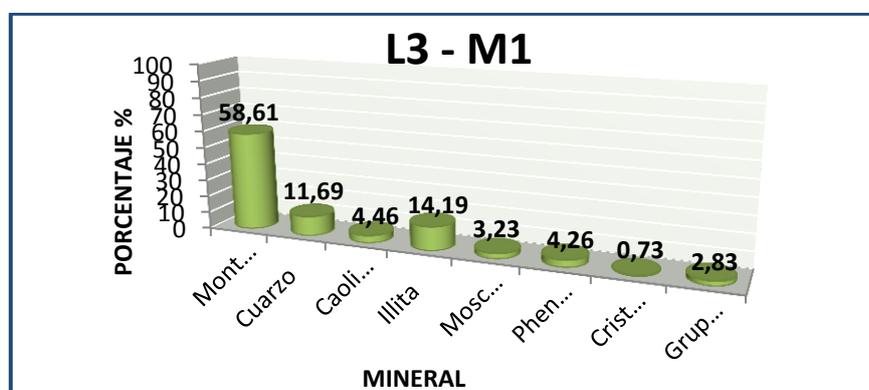


Figura 17. Resultados de análisis difracción de Rayos X L3 - M1.

Fuente: Valle, A.

d) Muestra L4 - M1.

Se recolectó por la vía de integración barrial 696384 E; 9556142 N; 2268 msnm. El afloramiento presenta estratos de arcillas de coloración amarilla verdosa, con intercalaciones de arenisca y limos, son materiales de alta plasticidad. (Anexo I. Ficha 4).

Tabla 9. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L4 - M1.

L4 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 94%	SE = 274,81 m ² /g	pH = 7,9	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 22%			Caolinita	Illita
IP = 72%	ρ = 2,09 g/cm ³		Moscovita	Phengita
			Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 274,81 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 94%, un límite plástico (LP) de 22% y un índice de plasticidad (IP) de 72%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo básico de acuerdo al valor obtenido de pH de 7,9.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 35,16%, Illita 18,19%, Cuarzo 17,24% y Caolinita 11,54%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 18).

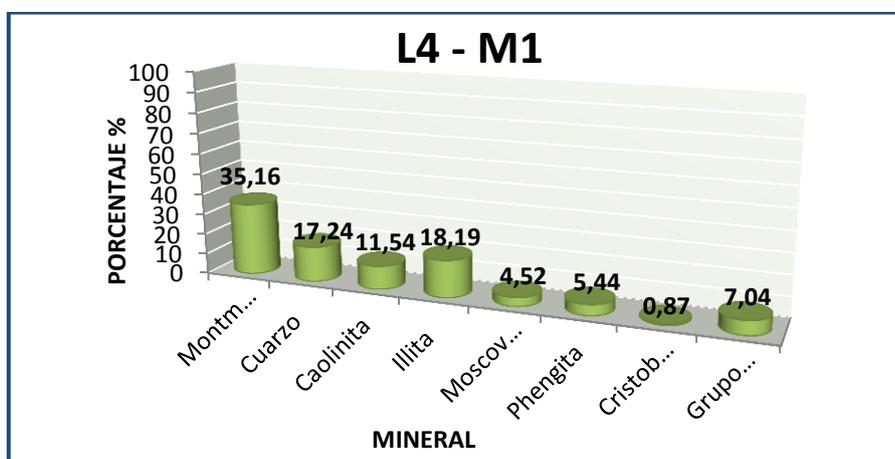


Figura 18. Resultados de análisis difracción de Rayos X L4 - M1.

Fuente: Valle, A.

e) Muestra L5 - M1.

Se recolectó en la vía de integración barrial, con coordenadas 697174 E; 9555142 N; 2303 msnm. El afloramiento presenta estratos de limos arcillosos de coloración gris, producto de la meteorización de la Formación Quillollaco. Presenta un bloque subhorizontal de arena de granulometría fina, tiene una potencia de 10 m. (Anexo I. Ficha 5).

Tabla 10. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L5 - M1.

L5 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 85%	SE = 274,64 m ² /g	pH = 8,1	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 22%			Illita	Moscovita
IP = 63%	γ = 2,12 g/cm ³		Phengita	Cristobalita
		Grupo plagioclasa	Heulandita	

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 274,64 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 85%, un límite plástico (LP) de 22% y un índice de plasticidad (IP) de 63%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo básico de acuerdo al valor obtenido de pH de 8,1.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizados por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 46,81%, Cuarzo 29,64% e Illita 11,93%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 19).

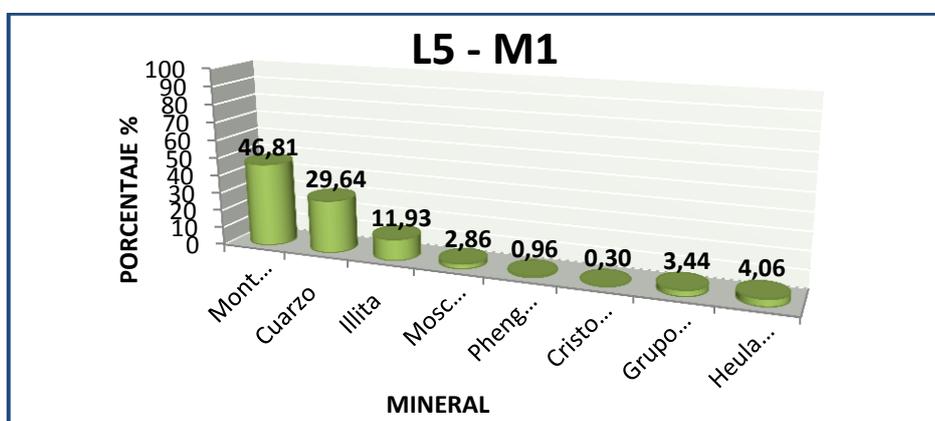


Figura 19. Resultados de análisis difracción de Rayos X L5 - M1.

Fuente: Valle, A.

f) Muestra L6 - M1.

Se recolectó del sector Menfis Central, con coordenadas 696538 E; 9557210 N; 2239 msnm. El afloramiento presenta estratos alterados de limos arcillosos de coloración café, la potencia es de 4 m. (Anexo I. Ficha 6).

Tabla 11. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L6 - M1.

L6 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 71 %	SE = 209,38 m ² /g	pH = 7,5	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 23 %			Illita	Moscovita
IP = 48 %	γ = 2,15 g/cm ³		Phengita	Cristobalita
		Grupo plagioclasa		

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 209,38 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 71%, un límite plástico (LP) de 23% y un índice de plasticidad (IP) de 48%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo medianamente básico de acuerdo al valor obtenido de pH de 7,5.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 37,30%, Cuarzo 26,71%, Moscovita 16,44% e Illita 11,82%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 20).

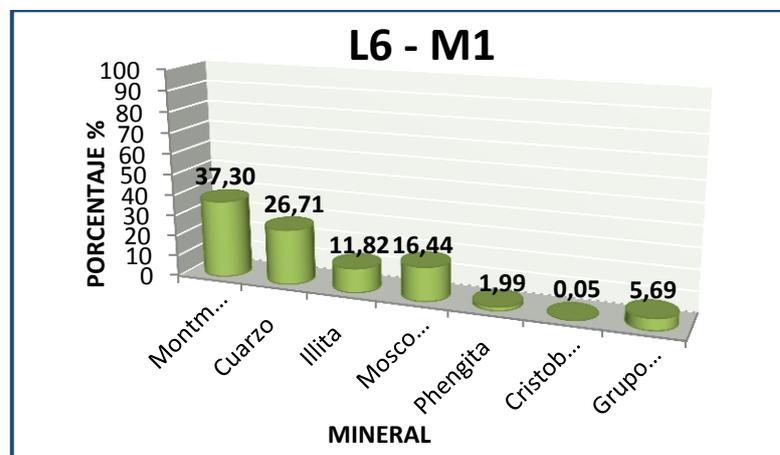


Figura 20. Resultados de análisis difracción de Rayos X L6 - M1

Fuente: Valle, A.

g) Muestra L7 - M1.

Se recolectó del sector Menfis bajo, con coordenadas 697493 E; 9557370 N; 2174 msnm. El afloramiento presenta estratos alterados de arcillas de coloración café amarillenta, son materiales de alta plasticidad. (Anexo I. Ficha 7).

Tabla 12. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L7 - M1.

L7 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 91 %	SE = 228,86 m ² /g	pH = 6,9	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 23 %			Illita	Moscovita
IP = 68 %	ρ = 1,96 g/cm ³		Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 228,86 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 91%, un límite plástico (LP) de 23% y un índice de plasticidad (IP) de 68%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo neutro de acuerdo al valor obtenido de pH de 6,9.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Cuarzo 47,14%, Montmorillonita 25,56%, y Moscovita 12,14%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 21).

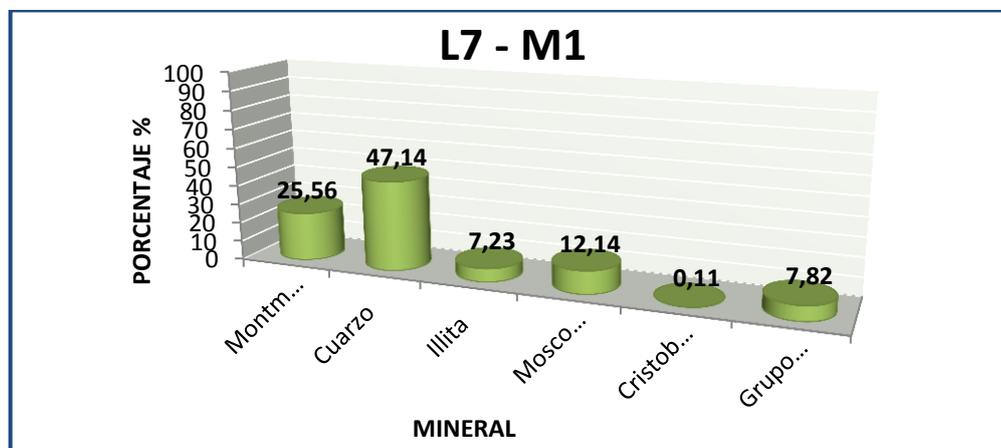


Figura 21. Resultados de análisis difracción de Rayos X L7 - M1.

Fuente: Valle, A.

h) Muestra L8 - M1.

Se recolectó en el barrio San Francisco, con coordenadas 697079 E; 9557490 N; 2186 msnm. El afloramiento presenta estratos alterados de arcillas de coloración negra, se encuentra erosionado debido a los factores climáticos de la zona. Son materiales que presentan alta plasticidad, con una potencia de 2 m (Anexo I. Ficha 8).

Tabla 13. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L8 - M1.

L8 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 125%	SE = 340,24 m ² /g	pH = 5,7	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 34%			Caolinita	Illita
IP = 91%	& = 1,95 g/cm ³		Moscovita	Phengita
		Cristobalita	Grupo plagioclasa	

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 340,24 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 125%, un límite plástico (LP) de 34% y un índice de plasticidad (IP) de 91%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo medianamente ácido de acuerdo al valor obtenido de pH de 5,7.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 51,96%, Cuarzo 15,50% e Illita 11,99%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 22).

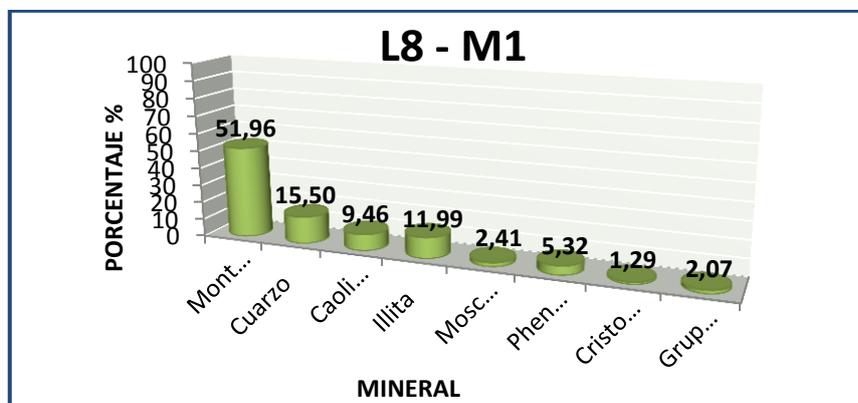


Figura 22. Resultados de análisis difracción de Rayos X L8-M1

Fuente: Valle, A.

i) Muestra L9 - M1.

Se recolectó del sector Menfis, con coordenadas 696692 E; 9557094 N; 2227 msnm. El afloramiento presenta estratos alterados de arcillas de coloración café rojizo, Son materiales que presentan alta plasticidad (Anexo I. Ficha 9).

Tabla 14. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L9 - M1.

L9 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 103%	SE = 340,24 m ² /g	pH = 7,1	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 21%			Caolinita	Illita
IP = 82%	& = 2 g/cm ³		Moscovita	Phengita
			Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 340,24 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 103%, un límite plástico (LP) de 21% y un índice de plasticidad (IP) de 82%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo neutro de acuerdo al valor obtenido de pH de 7,1.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Montmorillonita 48,66%, Cuarzo 15,90% e Illita 13,87%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 23).

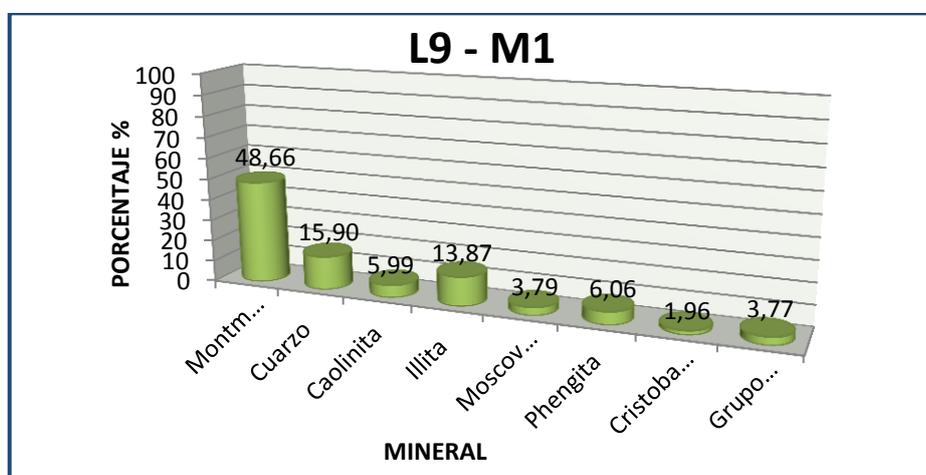


Figura 23. Resultados de análisis difracción de Rayos X L9 - M1

Fuente: Valle, A.

j) Muestra L10 - M1.

Se recolectó del sector Menfis Central, con coordenadas 697415 E; 9556730 N; 2222 msnm. El afloramiento presenta estratos de arcilla limoso de coloración gris, de plasticidad media – alta con intercalaciones de arena. (Anexo I. Ficha 9).

Tabla 15. Características físicas, mecánicas y mineralógicas de la muestra L10 - M1.

L10 - M1				
MECÁNICAS	FÍSICAS	QUÍMICAS	MINERALÓGICAS	
LL = 64%	SE = 215,92 m ² /g	pH = 7,03	Montmorillonita	Cuarzo
LP = 26%			Caolinita	Illita
IP = 38%	& = 1,71 g/cm ³		Moscovita	Phengita
			Cristobalita	Grupo plagioclasa

Fuente: Valle, A.

Presentó una superficie específica (SE) de 215,92 m²/g, lo cual nos indica que está dentro del grupo de las esmectitas (montmorillonita), como se detalla en la (Tabla 5), presenta un límite líquido (LL) de 64%, un límite plástico (LP) de 26% y un índice de plasticidad (IP) de 38%, basándonos en los valores establecidos en el (SUCS) se clasifica como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) ver (Tabla 4). Es un suelo neutro de acuerdo al valor obtenido de pH de 7,03.

Mediante el análisis de difracción de rayos X realizado por Proinstra se obtuvo valores representativos de Cuarzo 37,76%, Montmorillonita 27,17%, y Moscovita 14,22%, los resultados obtenidos se detallan a continuación. (Figura 24).

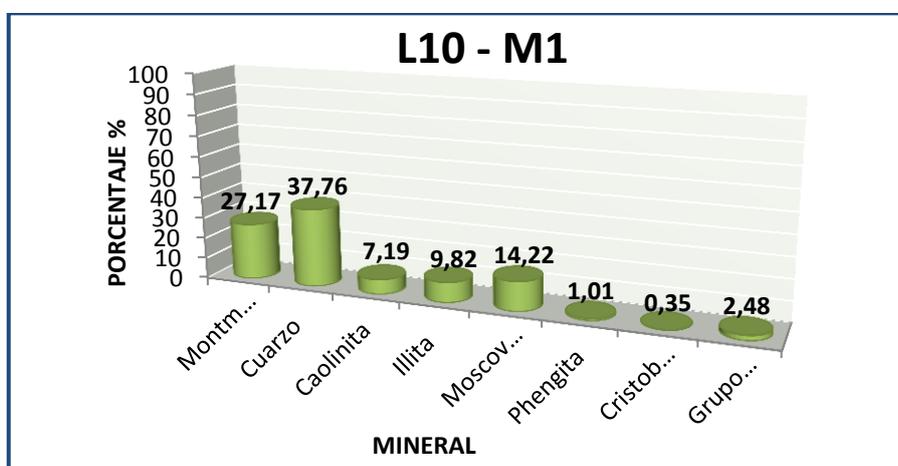


Figura 24. Resultados de análisis difracción de Rayos X L10 - M1.

Fuente: Valle, A.

CONCLUSIONES.

Del análisis de los resultados obtenidos mediante la metodología planteada para la realización del presente trabajo de investigación se establece que:

- Las formaciones geológicas ubicadas dentro del polígono de investigación son Unidad Chiguinda, Formación Quillolaco, Formación San Cayetano, Formación Trigal, siendo las formaciones San Cayetano, Trigal y Quillolaco idóneas para el muestreo por su granulometría fina, alta plasticidad y fácil acceso.
- Los valores de superficie específica (SE) calculados están entre los rangos de 209 a 484 m²/g, valores que nos permiten clasificar a estos materiales dentro del grupo de las esmectitas. La muestra que contiene mayor SE es L3 - M1 483,88 m²/g.
- Los materiales estudiados son arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH), ya que sus límites líquidos son mayores a un 50%. Siendo la muestra L8 - M1 la de mayor límite líquido LL = 125% e índice de plasticidad IP = 91%, y la muestra L10 - M1 de menor límite líquido LL = 64% e índice de plasticidad IP = 38%.
- La densidad de las muestras fluctúan en el rango de 1,71 - 3 cm³/g. siendo la muestra L2 - M1 con el valor más alto.
- Los valores de pH están dentro de 4,9 - 8,1 en su mayoría se trata de suelos neutros y básicos excepción de las muestras L1 - M1 con valor de 4,9 y L8 - M1 con valor de 5,7 siendo muestras ácidas.
- Mediante los ensayos de Difracción de rayos X realizados por Proinstra S.A. de determinó que su composición mineralógica presenta minerales predominantes como Montmorillonita, Caolinita, Illita, Moscovita y Cuarzo.
- En la mayoría de las muestras predomina la Montmorillonita como mineral principal a excepción de las muestras L7 - M1 Y L10 - M1 en las cuales predomina el Cuarzo.
- Se elaboró un mapa a escala 1:15.000 donde se determinó 3 polígonos como zonas de interés tomando en cuenta la distancia entre cada afloramiento y el mineral predominante. Los polígonos de coloración verde son indicativos de predominio de montmorillonita y los de color gris de cuarzo.

RECOMENDACIONES.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación se recomiendan:

- Realizar un estudio más a detalle de las muestras que presenten valores significativos de montmorillonita para futuras investigaciones.
- Previo a la caracterización se debería realizar un ensayo granulométrico para separar los materiales finos de las gravas y arenas.
- La eliminación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno (H_2O_2), se puede sustituir con el proceso de calcinación, ahorrando tiempo y dinero.
- Equipar el laboratorio con los equipos necesarios para este tipo de investigación, implementando aparatos mecánicos de fricción para la disgregación, como un molino de mandíbulas.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Besoain, E. (1985). Mineralogía de arcillas de Suelos. Bib. Orton IICA / CATIE.
2. CASANELLAS, J. P., REGUERIN, M. L.-A., & CLARET, R. M. P. (2014). Edafología: uso y protección de suelos (p. 607). Madrid – España. Mundi – Prensa.
3. Flores, R. C. (2012). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas (p. 235). Editorial Paraninfo.
4. Foth Henry D. (1985). Fundamentos de la ciencia del Suelo. México D.F: CECOSA.
5. García, G. N., & García, S. N. (2013). Química Agrícola Química del Suelo y de Nutrientes Esenciales (p. 508).
6. Güeto, J. (2005). Tecnología de los Materiales Cerámicos. (J. Morale Güeto, Ed.) Ediciones Díaz de Santos.
7. Hans W, F. (1975). Química de Suelos. (C. Matilde, Ed.) Bib. Orton IICA / CATIE.
8. Juárez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (1969). MECÁNICA DE SULEOS TOMO 1 FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS. Limusa.
9. Martínez, F. J. (1992). Recursos Minerales de España. CSIC - CSIC Press.
10. Paladines , A., & Soto, J. (2010). Geología y Ycimientos minerales del Ecuador. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
11. Sands, D. (1993). Introducción a la Cristalografía.
12. VILLALAZ, C. A., & Villalaz, C. C. (2000). Problemas resueltos de mecánica de suelos y de cimentaciones (p. 163). Editorial Limusa.
13. Walter T. Huang, Ph.D. (2010). Petrología. Departamento de Geología. Universidad Baylor.

TESIS.

1. Delgado Vallejo, A. E., & Negrete Martínez, C. A. (2012). Evaluacion del uso de arcillas y puzolanicas en la etapa de molienda de acabado para la fabricacion de cemento portland tipo IP. Cuenca: Universidad de Cuenca.

2. Flores Carpio, Y. G. (2013). Caracterización Físico - mecánica y química de arcillas del sector norte de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja. Loja.
3. Guartán José A. (2010). Zonificación Sísmica de la Cuenca de Loja (Ecuador), a partir de datos litológicos y medios de ruido Ambiental. Loja. Universidad Técnica particular de Loja.

DOCUMENTOS WEB.

1. Tamay Granda, J. (s.f.). Loja MAPA GEOLÓGICO PRELIMINAR DE LA HOYA DE LOJA. Obtenido de Sistemas de Información Geográfica: <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staffpro/fotoin/Mapa%20Geologico%20Hoya%20de%20Loja.PDF>.
2. INERHI-PREDESUR-CONADE. (09 de 05 de 2000). oea02s Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja. Obtenido de Organization of American States: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea02s/oea02s.PDF>.
3. García , E., & Suárez, M. (08 de 06 de 2002). G.A LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS. Obtenido de Universidad de Salamanca: <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>.

ANEXOS.

ANEXO I. Fichas de campo.

ANEXO II. Procedimientos de los ensayos de laboratorio.

ANEXO III. Ensayos de laboratorio.

ANEXO IV. Registro fotográfico.

ANEXO V. Mapa de las zonas de interés.

ANEXO I. Fichas de campo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA.

Ficha número: 1

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Natural.

Coordenadas UTM:
WGS 84

X = 697028 E
Y = 9552200 N
Z = 2505 msnm

Contexto Geomorfológico: Relieve montañoso.

Formación Geológica: Chiguinda.

Descripción Litológica:

Depósito de arcillas de coloración café producto de la meteorización de las rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda. Tiene una potencia de 2 m x 15 m de largo. Son materiales que presentan una plasticidad media – alta. El afloramiento se encuentra erosionado producto de los factores climáticos de la zona.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR
SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA**

Ficha número: 2

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Natural.

**Coordenadas UTM:
WGS 84**

X = 696970 E
Y = 9555410 N
Z = 2333 msnm

Contexto Geomorfológico:

Implementación de taludes artificiales
producto corte de vía.

Formación Geológica: Quillollaco.

Descripción Litológica:

Existe la presencia de una secuencia de bloques de conglomerado, arena y limo – arcilloso con una potencia de 20 m de alto por 100 m de ancho. El conglomerado contiene clastos subredondeados de tamaño pequeño a mediano, de matriz arenosa, el tipo de clastos que contienen son: cuarzo, cuarcita y esquistos. El bloque de arena se presenta con un tonalidad amarilla de granulometría fina, mientras que el bloque de limo presenta coloración gris. El afloramiento presenta oxidaciones en los contactos de cada uno de sus miembros.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA

Ficha número: 3

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Artificial.

Coordenadas UTM:
WGS 84

X = 696942 E
Y = 9555722 N
Z = -2282 msnm

Contexto Geomorfológico:

Implementación de taludes artificiales producto corte de vía.

Formación Geológica: Quillollaco.

Descripción Litológica:

Arcillas de plasticidad media – alta, con una potencia de 4 m x 150 m de ancho. El tipo de arcilla que aflora es de diferente tonalidad (gris-café-amarilla verdosa). Junto al afloramiento existe una pequeña quebrada. La arcilla contiene pequeños clastos de roca.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR
SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA.**

Ficha número: 4

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Artificial.

**Coordenadas UTM:
WGS 84**

X = 696384 E
Y = 9556142 N
Z = 2268 msnm

Contexto Geomorfológico:

Implementación de taludes artificiales
producto corte de vía.

Formación Geológica: Trigal.

Descripción Litológica:

Bloques de arcilla de una coloración amarilla verdosa y negra, con intercalaciones de arenisca y limos, presenta una plasticidad media – alta. El terreno se encuentra erosionado debido a los agentes naturales.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR
SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA**

Ficha número: 5

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Artificial.

**Coordenadas UTM:
WGS 84**

X = 697174 E
Y = 9555142 N
Z = 2303 msnm

Contexto Geomorfológico:

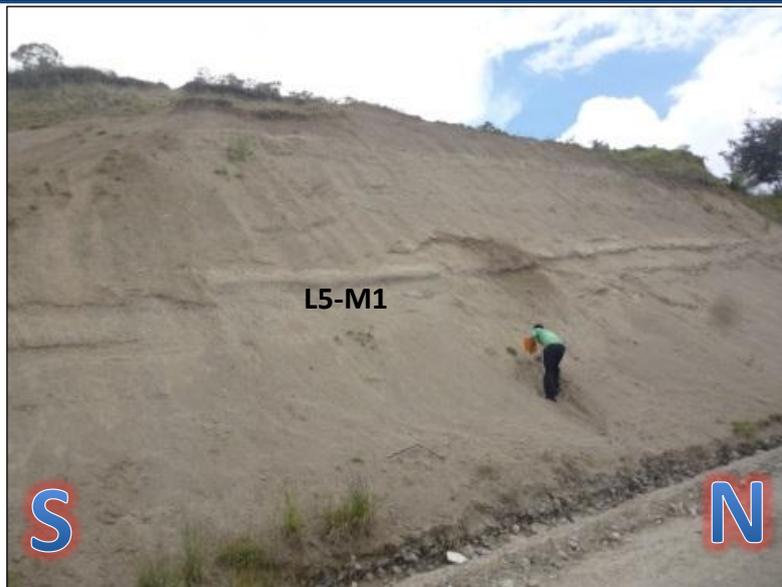
Implementación de taludes artificiales
producto corte de vía.

Formación Geológica: Quillollaco.

Descripción Litológica:

Se puede observar limos arcillosos de plasticidad baja, con una coloración, producto de la meteorización de las rocas de la Formación Quillollaco. En la parte intermedia existe un bloque subhorizontal de arena de granulometría fina. La potencia del afloramiento es de 10 m x 100 m.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR
SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA**

Ficha número: 6

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Artificial.

**Coordenadas UTM:
WGS 84**

X: 696538 E
Y: 9557210 N
Z: 2239 msnm

Contexto Geomorfológico:

Implementación de taludes artificiales
producto corte de vía.

Formación Geológica: San Cayetano.

Descripción Litológica:

Afloran limos arcillosos de coloración café, de plasticidad de baja - alta, con una potencia aproximada de 4 m x 100 m.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA

Ficha número: 7

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Artificial.

Coordenadas UTM:
WGS 84

X = 697493 E
Y = 9557370 N
Z = 2174 msnm

Contexto Geomorfológico: Cuesta estructural.

Formación Geológica: San Cayetano

Descripción Litológica:

Presencia de arcillas de coloración café – amarillenta, de plasticidad baja a media, existe la presencia de cobertura vegetal en la parte superior.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA

Ficha número: 8

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Natural.

Coordenadas UTM:
WGS 84

X = 697079 E
Y = 9557490 N
Z = 2186 msnm

Contexto Geomorfológico: Estructura Sedimentaria.

Formación Geológica: San Cayetano.

Descripción Litológica:

Arcillas de coloración negra de alta plasticidad de una potencia de 2 m x 6 m, existe la presencia de cobertura vegetal, el afloramiento se encuentra erosionado debido a los factores climáticos de la zona.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA

Ficha número: 9

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Natural.

Coordenadas UTM:
WGS 84

X = 696692 E
Y = 9557094 N
Z = 2227 msnm

Contexto Geomorfológico: Relieve Montañoso.

Formación Geológica: San Cayetano.

Descripción Litológica:

Arcillas de color café rojizo, de alta plasticidad, existe vegetación, se encuentra junto a una vía sin salida.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA Y QUÍMICA DE ARCILLAS DEL SECTOR
SUR - OESTE DE LA CUENCA SEDIMENTARIA MIOCÉNICA DE LOJA**

Ficha número: 10

Fecha: Febrero 2015

Tipo de Afloramiento: Natural.

**Coordenadas UTM:
WGS 84**

X = 697415 E
Y = 9556730 N
Z = 2222 msnm

Contexto Geomorfológico: Relieve
Montañoso.

Formación Geológica: San Cayetano.

Descripción Litológica:

Arcilla limoso de color gris, de baja plasticidad con intercalaciones de arena, se encuentra erosionado debido a los agentes climáticos del sector.

En la parte derecha afloran conglomerados de matriz arenosa, clastos subredondeados de tamaño pequeño a mediano el tipo de clastos que lo componen son cuarzo, cuarcita y esquistos.

Fotografía.



Valle Bustamante Ángel Leonardo.

ANEXO II. Procedimientos de los ensayos de laboratorio.

Límites de Atterberg.

Peso específico.

Superficie específica.

pH.

ANEXO II. LÍMITE LÍQUIDO.

Generalidades.

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico.

Equipo necesario.

- Equipo de Casagrande.
- Ranurador.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Tamiz de 420 micrones (N° 40).
- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- Una espátula de hoja flexible
- Estufa de temperatura constante entre 105 y 110°C.
- Cápsulas de porcelana (taras).
- Agua destilada.

Procedimiento.

1. Se toman 100 g de muestra que pasa por la malla N° 40, se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole pequeñas cantidades de agua destilada.
2. Colóquese una porción de esa pasta en la copa de Casagrande, con un espesor máximo de 1 cm y hágase con el ranurador apropiado la ranura correspondiente; el ranurador deberá mantenerse en todo el recorrido normal a la superficie interior de la copa.
3. Acciónese la copa a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 13 mm (0.5"), la ranura deberá cerrarse por flujo de suelo y no por deslizamiento del mismo respecto a la copa.
4. En lugar de fluir sobre la superficie de la Casagrande algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá agregarse más agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el ranurador y se repetirá; si el suelo sigue deslizándose sobre la cazuela a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el Límite Líquido no se puede determinar.
5. Se retira la porción de pasta del espesor de la espátula del lugar donde se produjo la unión, y se coloca en la cápsula previamente pesada. Se pesa y se anota en la hoja de cálculo la misma que debe contener el peso y código de la cápsula, además el número de golpes requeridos para lograr la unión de la muestra. Se transfiere la muestra sobrante en la Casagrande al recipiente de porcelana, luego se limpian y se arman para continuar con el ensayo.
6. Se repite la operación 2 o más veces, con contenidos crecientes de agua para obtener un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal

consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

7. Finalmente las cápsulas en las cuales se pesó la muestra retirada de cada ensayo se lleva a la estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110°C.

Cálculos.

El porcentaje de humedad de cada muestra se calcula con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f} \times 100$$

Dónde:

P_1 = peso de la cápsula más muestra de suelo húmedo.

P_2 = peso de la cápsula más muestra de suelo seco.

P_f = peso de la cápsula.

Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

Curva de fluidez.- Dibújese una gráfica con los contenidos de humedad y los números de golpes correspondientes, los primeros como ordenadas en escala natural y los segundos como abscisas, en escala logarítmica. La ordenada correspondiente a los 25 golpes será el límite líquido del suelo, aproxímese este valor a un número entero.

ANEXO II. LÍMITE PLÁSTICO.

Generalidades.

El límite plástico (LP) se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para lo cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Equipo necesario.

- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- Superficie o placa de vidrio.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Una espátula de hoja flexible.
- Estufa de temperatura constante entre 105 y 110°C.
- Cápsulas de porcelana (taras).

Procedimiento.

1. Generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba de límite líquido y al cuál se le evapora humedad hasta tener una mezcla plástica que se fácilmente moldeable.
2. Se forma luego una pequeña esfera que deberá rodillarse en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar pequeños cilindros.
3. Cuando el diámetro del rodillo resultante sea de 3,2 mm (1/8") sin romperse, deberá juntarse nuevamente la muestra, mezclarse en forma esférica y volver a repetir el proceso sobre la placa de vidrio.
4. Al momento de producirse el rompimiento de los cilindros al alcanzar el diámetro de (1/8"), se procede a colocar en las cápsulas. Los suelos que no pueden rodillarse con ningún contenido de humedad se los denomina no plásticos.
5. Este proceso se lo repite 2 veces más para obtener tres valores, el límite plástico del suelo será el promedio de las tres dimensiones.
6. Finalmente, se pesa y se anota en la hoja de cálculo la misma que debe contener el peso y código de la cápsula, luego de ello se coloca las cápsulas en la estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105 y 110°C.

Cálculos.

El porcentaje de humedad correspondiente al límite plástico de cada muestra se calcula con la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f} \times 100$$

Dónde:

P_1 = peso de la cápsula más muestra de suelo húmedo.

P_2 = peso de la cápsula más muestra de suelo seco.

P_f = peso de la cápsula.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

Se denomina índice de plasticidad a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos.

$$IP = LL - LP$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el Índice de Plasticidad se informará con la abreviatura NP (No Plástico). Así mismo cuando el límite plástico resulta igual o mayor que el límite líquido, el Índice de Plasticidad se informará como NP.

ANEXO II. PESO ESPECÍFICO.

Características.

El picnómetro un recipiente calibrado, con el que se puede pesar el volumen de un líquido con mucha precisión, por comparación entre la masa del picnómetro lleno de agua destilada de la que se conoce con gran precisión su densidad a temperatura ambiente y la masa del picnómetro lleno con un líquido problema se puede calcular la densidad de este.

Para el caso de la densidad de un sólido, cuyo tamaño ha de ser adecuado a las dimensiones del picnómetro, pesando el picnómetro con el sólido y rellenado con agua destilada podemos obtener el volumen del sólido si además hemos calculado el volumen del picnómetro, y una vez obtenido la masa podemos determinar su densidad.

Equipo necesario.

- Picnómetro.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Pizceta.
- Agua destilada.
- Muestra.

Procedimiento.

1. Primeramente se pesa el picnómetro vacío y limpio, el peso debe coincidir con el peso especificado por el distribuidor, caso contrario se debe secar y limpiar hasta obtener el peso deseado (P1).
2. Se agrega una cantidad pequeña de muestra que haya pasado por el tamiz N° 200 y se pesa (P2).
3. A esta muestra le añadimos agua destilada y volvemos a pesar (P4).
4. Finalmente lavamos el picnómetro lo secamos y lo hasta obtener el peso de fábrica y lo llenamos con agua destilada para obtener el último peso necesario para los cálculos. (P3).

Cálculos.

Para obtener el peso específico de la muestra utilizamos la siguiente fórmula:

$$Pe = \frac{(P2 - P1)}{(P3 - P1) - (P4 - P1)}$$

Dónde:

- Pe= peso específico.
- P1= peso picnómetro vacío.
- P2= peso picnómetro + muestra.
- P3= peso picnómetro + agua.
- P4= peso picnómetro + muestra + agua.

ANEXO II. SUPERFICIE ESPECÍFICA.

Ensayo de absorción de azul de metileno.

Generalidades.

La finalidad es determinar el azul de metileno consumido por la fracción 0,2 mm de los áridos finos o de la mezcla total de los áridos. Se basa en la adicción de pequeñas dosis de azul de metileno disuelto en una concentración de 1%, comprobando la absorción de colorante por parte de la muestra y realizando una prueba de coloración sobre el papel filtro.

Equipo necesario.

- Azul de metileno.
- Agua destilada.
- Probeta de 1000 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Matraces de 250 ml y 500 ml.
- Balón de 1000 ml.
- Varillas de vidrio.
- Papel filtro.
- Agitador de muñeca con velocidad regulable.
- Balanza con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Tamiz N° 200.
- 16 gramos de muestra a analizar.

Procedimiento.

1. Se prepara la solución de azul de metileno en un balón de 1000 ml con una concentración del 1%.
2. Se pesa 16 g de muestra en los matraces de 250 ml, hecho esto con ayuda de una probeta se agrega 40 ml de agua destilada.
3. Luego con la pipeta se agrega 5 ml de azul de metileno al matraz que contiene la muestra, y se lo coloca en el agitador de muñecas, para que sean agitados a una revolución de 600 RPM durante 5 minutos.
4. Con ayuda de la varilla se saca una gota de la solución y se coloca sobre el papel filtro si este crea un aureola celeste, significa que esta lista y podemos tomar los datos de consumo de azul de metileno caso contrario se agrega 5 ml más y se vuelve agitar por 1 minuto a una revolución de 400 RPM.
5. Se repite le paso anterior las veces que sea necesario hasta que muestre signos de saturación en el papel filtro que estamos utilizando.

Resultados.

El valor de azul de metileno, MBI (methylene blue), se expresa en gramos de colorante por kilogramo de la fracción granulométrica 0,2 mm. Se determina con la siguiente formula:

$$MBI = \frac{V_{AM}}{W_{SS}} \times 10$$

$$SE = MBI \times 7,4803$$

ANEXO II. pH.

Generalidades.

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. El pH se define como el logaritmo (base 10) negativo de la actividad de los iones hidronio en una solución. El índice varía de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

El pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar.

La determinación del pH de los suelos constituye una de las operaciones más frecuentes para su caracterización físico-química.

Tabla 16. Clasificación del pH de los suelos.

pH	EVALUACIÓN
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Básico
8,5 - 9	Ligeramente alcalino
9,1 – 10	Alcalino
> 10	Fuertemente alcalino

Fuente: Casas Flores Raquel 2012.

Editado: Valle, A.

Equipo necesario.

- Peachímetro.
- Vasos de precipitación.
- Varillas de vidrio.
- Agua destilada.
- Cronometro.
- 10 gramos de muestra a analizar.

Procedimiento.

1. Se pesa en un vaso de precipitación 10 g de muestra pasado por el tamiz N° 200 al a cual se le agrega 25 ml de agua destilada.
2. Se agita la muestra por 10 minutos para que los sólidos se disuelvan con el agua, una vez realizado esto se deja la muestra en reposo durante 30 minutos.
3. Se calibra el equipo de mediación de pH (peachímetro) y se introduce el electrodo para realizar la lectura.

Resultado.

Los datos que se toma de la lectura del peachímetro son el pH de la muestra y la temperatura.

ANEXO III. Ensayos de laboratorio.

Límites de Atterberg.

Peso específico.

Superficie específica.

pH.

Difracción de rayos X.



ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L1 – M1

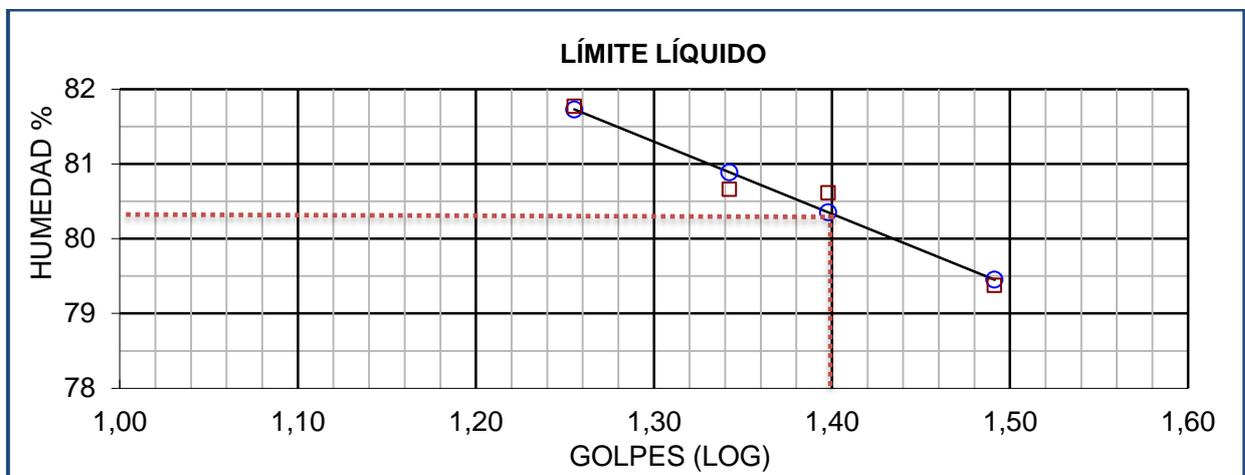
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
18	67,46	62,93	57,39	81,77	80,35
22	73,27	69,35	64,49	80,66	
25	68,35	63,36	57,17	80,61	
31	66,07	61,49	55,72	79,38	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
54,94	54,86	54,60	30,77	30,75
61,60	61,51	61,22	31,03	
56,02	55,95	55,72	30,43	

LL = 80%

LP = 31%

IP = 49%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L2 – M1

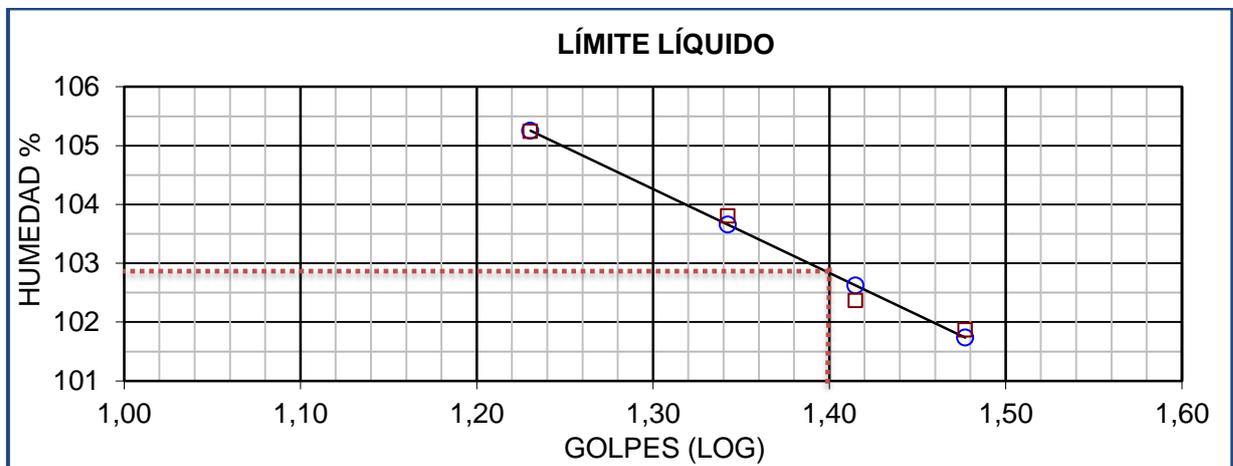
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
17	68,58	61,55	54,87	105,24	102,86
22	62,82	57,63	52,63	103,80	
26	74,80	70,03	65,37	102,36	
30	72,07	66,60	61,23	101,86	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
64,92	64,84	64,49	22,86	23,10
68,11	68,06	67,82	20,83	
65,74	65,67	65,37	23,33	

LL = 103%

LP = 23%

IP = 80%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L3 – M1

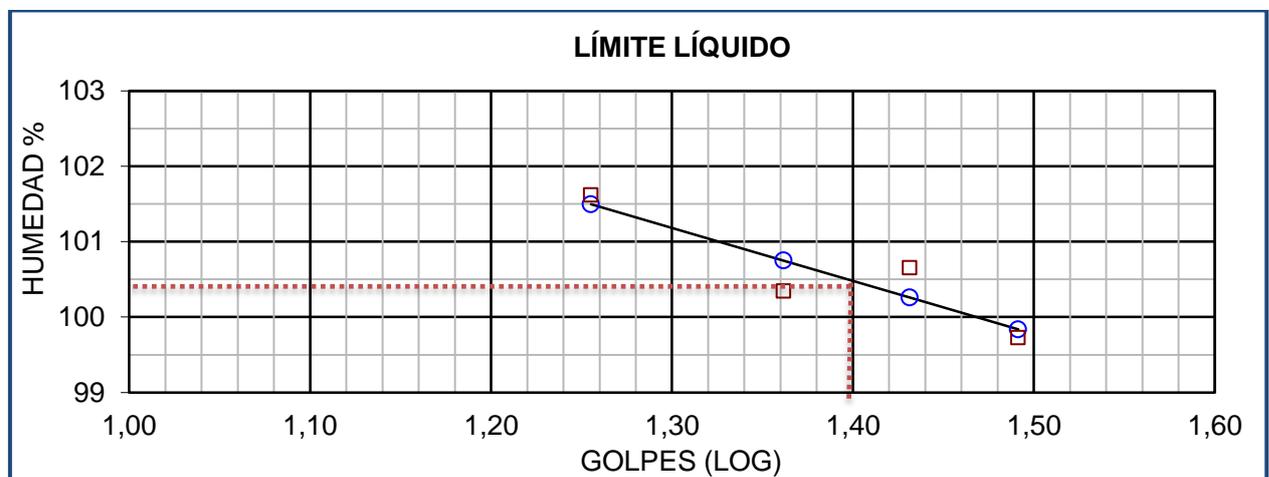
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
18	79,53	75,76	72,05	101,62	100,49
23	63,20	60,28	57,37	100,34	
27	66,46	63,38	60,32	100,65	
31	71,80	68,19	64,57	99,72	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
59,94	59,79	59,06	20,55	21,74
55,81	55,63	54,80	21,69	
57,22	57,05	56,31	22,97	

LL = 100%

LP = 22%

IP = 78%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L4 – M1

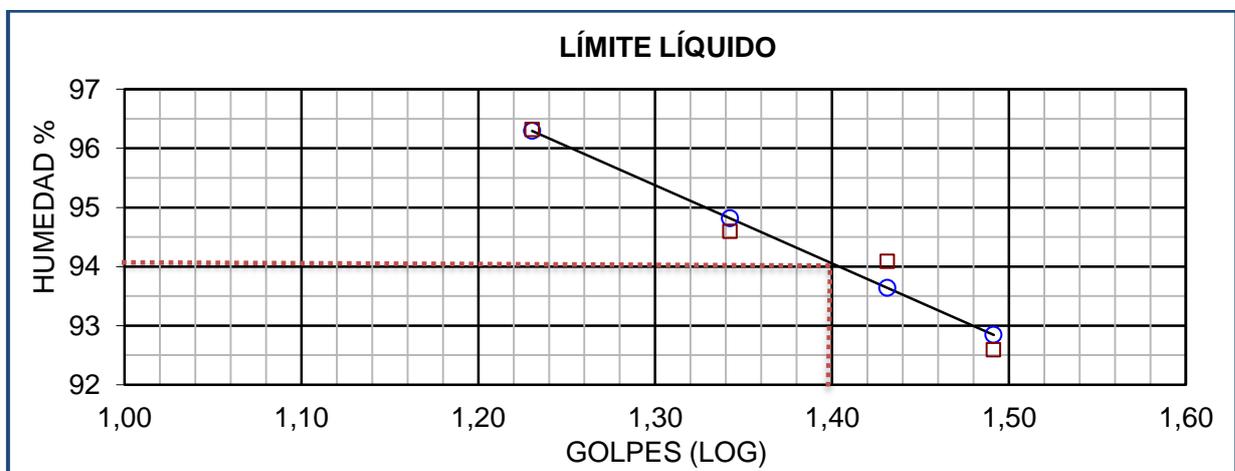
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
17	72,68	67,97	63,08	96,32	94,08
22	73,49	69,64	65,57	94,59	
27	68,39	65,05	61,50	94,08	
31	60,04	56,29	52,24	92,59	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
60,20	60,06	59,43	22,22	22,42
53,31	53,18	52,57	21,31	
71,38	71,24	70,65	23,73	

LL = 94%

LP = 22%

IP = 72%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L5 – M1

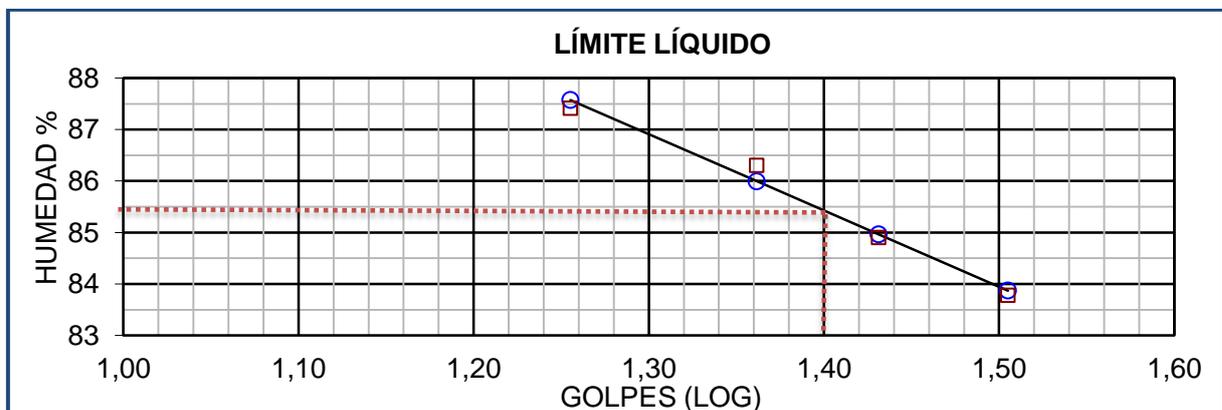
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
18	69,88	64,74	58,86	87,41	85,46
23	79,42	74,19	68,13	86,30	
27	60,85	56,97	52,40	84,90	
32	60,75	57,03	52,59	83,78	
39	71,13	65,64	59,06	83,43	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
55,27	55,15	54,61	22,22	21,95
62,26	62,11	61,42	21,74	
59,17	59,03	58,39	21,88	

LL = 85%

LP = 22%

IP = 63%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L6 – M1

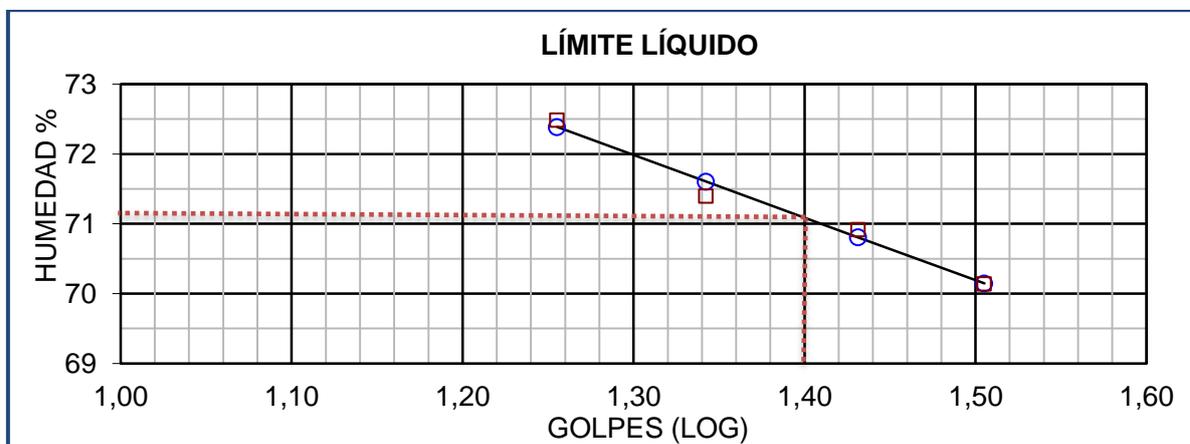
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
18	61,78	59,04	55,26	72,49	71,11
22	67,71	64,29	59,50	71,40	
27	69,96	66,01	60,44	70,92	
32	61,42	57,92	52,93	70,14	
36	74,22	70,07	64,10	69,51	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
67,10	66,95	66,32	23,81	22,88
56,25	56,11	55,47	21,88	
55,48	55,34	54,73	22,95	

LL = 71%

LP = 23%

IP = 48%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L7 – M1

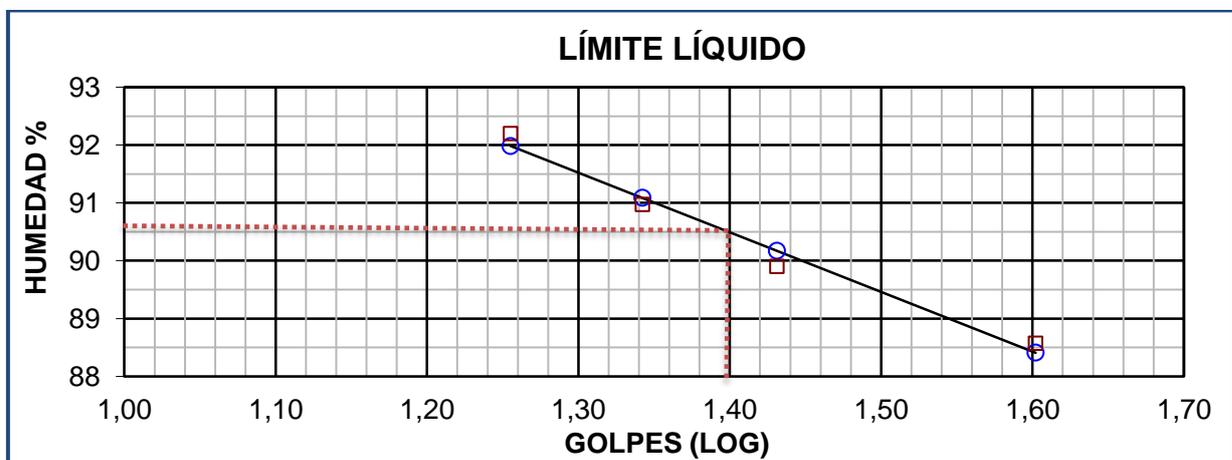
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
18	70,03	66,13	61,90	92,20	90,51
22	61,74	57,91	53,70	90,97	
27	69,65	66,00	61,94	89,90	
31	62,24	58,64	54,63	89,78	
40	81,49	77,46	72,91	88,57	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
61,54	61,46	61,09	21,62	23,38
60,72	60,64	60,30	23,53	
66,85	66,75	66,35	25,00	

LL = 91%

LP = 23%

IP = 68%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L8 – M1

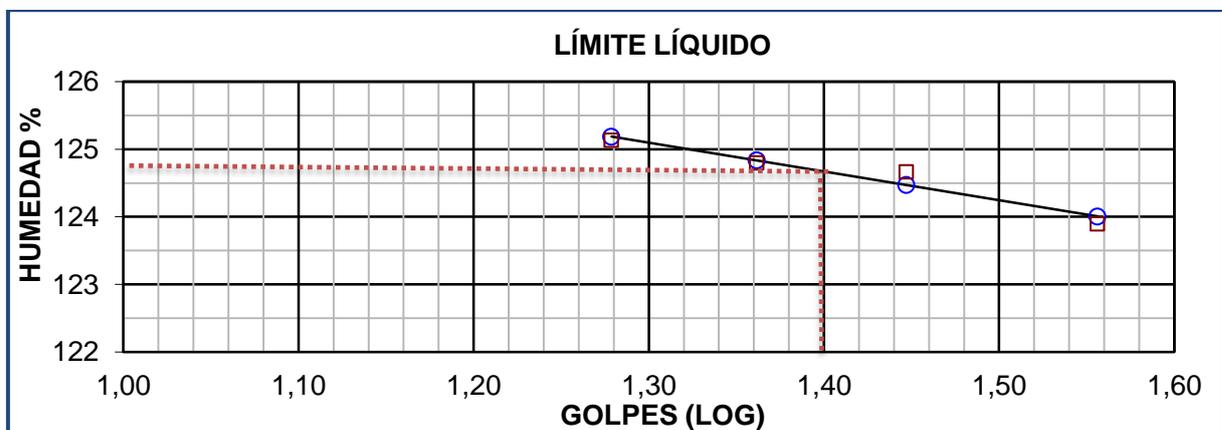
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
19	62,56	57,93	54,23	125,14	124,68
23	67,95	63,32	59,61	124,80	
28	64,20	59,50	55,73	124,67	
34	63,86	58,89	54,86	123,33	
36	79,40	74,63	70,78	123,90	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
59,61	59,47	59,06	34,15	34,46
61,85	61,71	61,32	35,90	
62,23	62,11	61,75	33,33	

LL = 125%

LP = 34%

IP = 91%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L9 – M1

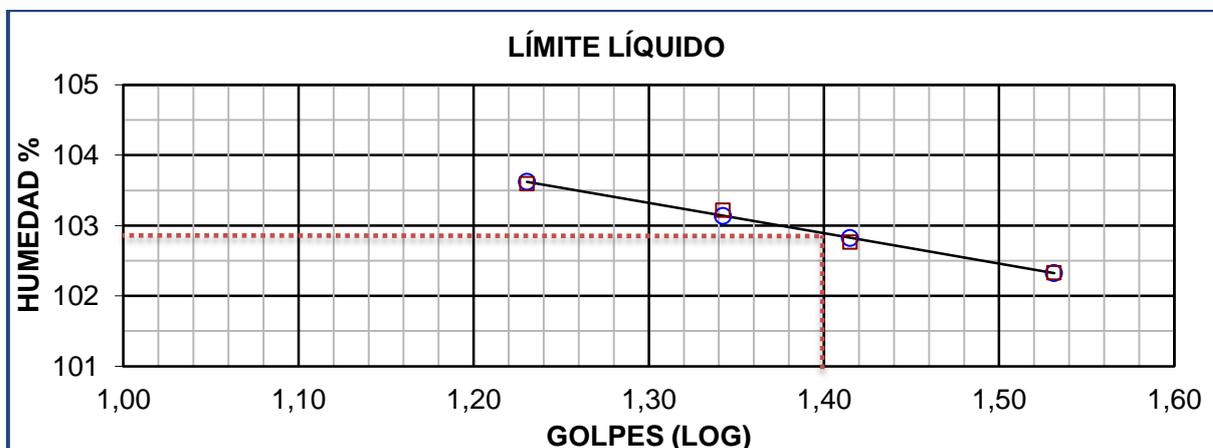
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
17	64,24	59,34	54,61	103,59	102,90
22	76,10	70,65	65,37	103,22	
26	65,83	61,00	56,30	102,77	
30	76,39	72,03	67,80	103,07	
34	68,48	64,09	59,80	102,33	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
52,97	52,90	52,58	21,88	21,36
61,91	61,84	61,50	20,59	
63,53	63,45	63,08	21,62	

LL = 1035

LP = 21%

IP = 82%





ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Límites de Atterberg

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA: L10 – M1

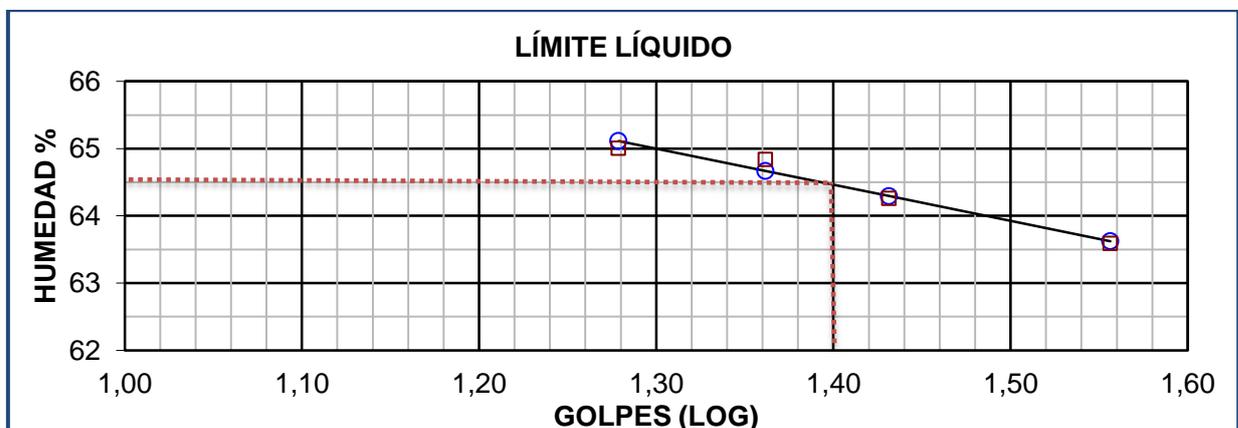
LÍMITE LÍQUIDO					
Golpes	Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
19	61,53	57,87	52,24	65,01	64,47
23	78,07	74,16	68,13	64,84	
27	62,14	58,40	52,58	64,26	
32	62,51	58,56	52,40	64,12	
36	71,18	67,39	61,43	63,59	

LÍMITE PLÁSTICO				
Peso húmedo	Peso seco	W. cápsula	w %	Resultado
71,98	71,64	70,37	26,77	26,11
66,50	66,22	65,15	26,17	
70,14	69,82	68,56	25,40	

LL = 64%

LP = 26%

IP = 38%





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja



ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Peso Específico

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

PESO ESPECÍFICO					
MUESTRA	WPIC. VACÍO	WPIC.+MUESTRA	WPIC.+H2O	WPIC.+MUESTRA+H2O	& (g/cm^3)
L1 - M1	20,04	20,49	29,79	30,06	2,50
L2 - M1	17,46	17,61	27,42	27,52	3
L3 - M1	17,46	17,79	27,42	27,59	2,06
L4 - M1	17,46	17,69	27,42	27,54	2,09
L5 - M1	17,45	17,98	27,42	27,70	2,12
L6 - M1	17,45	17,73	27,42	27,57	2,15
L7 - M1	17,45	17,96	27,42	27,67	1,96
L8 - M1	17,45	17,84	27,42	27,61	1,95
L9 - M1	17,45	17,71	27,42	27,55	2
L10 - M1	17,45	17,86	27,42	27,59	1,71



ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Superficie Específica

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA	W MUESTRA	W AM	V Sol. AM	S.C.C.AM	V. AM CONS.	N. avogadro	PM.AM	SE (m^2/g)
L1 – M1	16,05	10	1000	1,30E - 18	215	6,02E+23	373,9	280,47
L2 – M2	16	10	1000	1,30E – 18	320	6,02E+23	373,9	418,75
L3 – M1	16,01	10	1000	1,30E – 18	370	6,02E+23	373,9	483,88
L4 – M1	16	10	1000	1,30E – 18	210	6,02E+23	373,9	274,81
L5 – M1	16,01	10	1000	1,30E – 18	210	6,02E+23	373,9	274,64
L6 – M1	16	10	1000	1,30E – 18	160	6,02E+23	373,9	209,38
L7 – M1	16,01	10	1000	1,30E – 18	175	6,02E+23	373,9	228,86
L8 – M1	16	10	1000	1,30E – 18	260	6,02E+23	373,9	340,24
L9 – M1	16	10	1000	1,30E – 18	260	6,02E+23	373,9	340,24
L10 – M1	16	10	1000	1,30E – 18	165	6,02E+23	373,9	215,92

W. MUESTRA = Peso Muestra (g).

W. AM = Peso azul de metileno (g).

V Sol. AM = Volumen en el que se disuelve el azul de metileno (ml).

S.C.C.AM. = Superficie cubierta por un catión de azul de metileno (m^2).

V. AM CONS = Volumen necesario de azul de metileno para alcanzar punto final (ml).

N. Avogadro = Numero de Avogadro (moléculas/mol).

Pm. AM = Peso molecular de azul de metileno $C_{16}H_{18}N_3S + Cl - 3H_2O$ (g/mol).



ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

pH

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

MUESTRA	pH	T °C	CARACTERÍSTICAS
L1 – M1	4,9	19,2	Muy fuertemente ácido
L2 – M2	7,2	18,9	Neutro
L3 – M1	6,5	19,7	Ligeramente ácido
L4 – M1	7,9	20,1	Básico
L5 – M1	8,1	20,3	Básico
L6 – M1	7,5	19,8	Mediamente Básico
L7 – M1	6,9	19,9	Neutro
L8 – M1	5,7	20	Mediamente ácido
L9 – M1	7,1	19,7	Básico
L10 – M1	7,03	19,7	Básico



ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Difracción de rayos X elaborado por Proinstra S.A.

PROYECTO: Caracterización físico - mecánica y química de arcillas de la zona Sur - Oeste de la Cuenca Sedimentaria Miocénica de Loja.

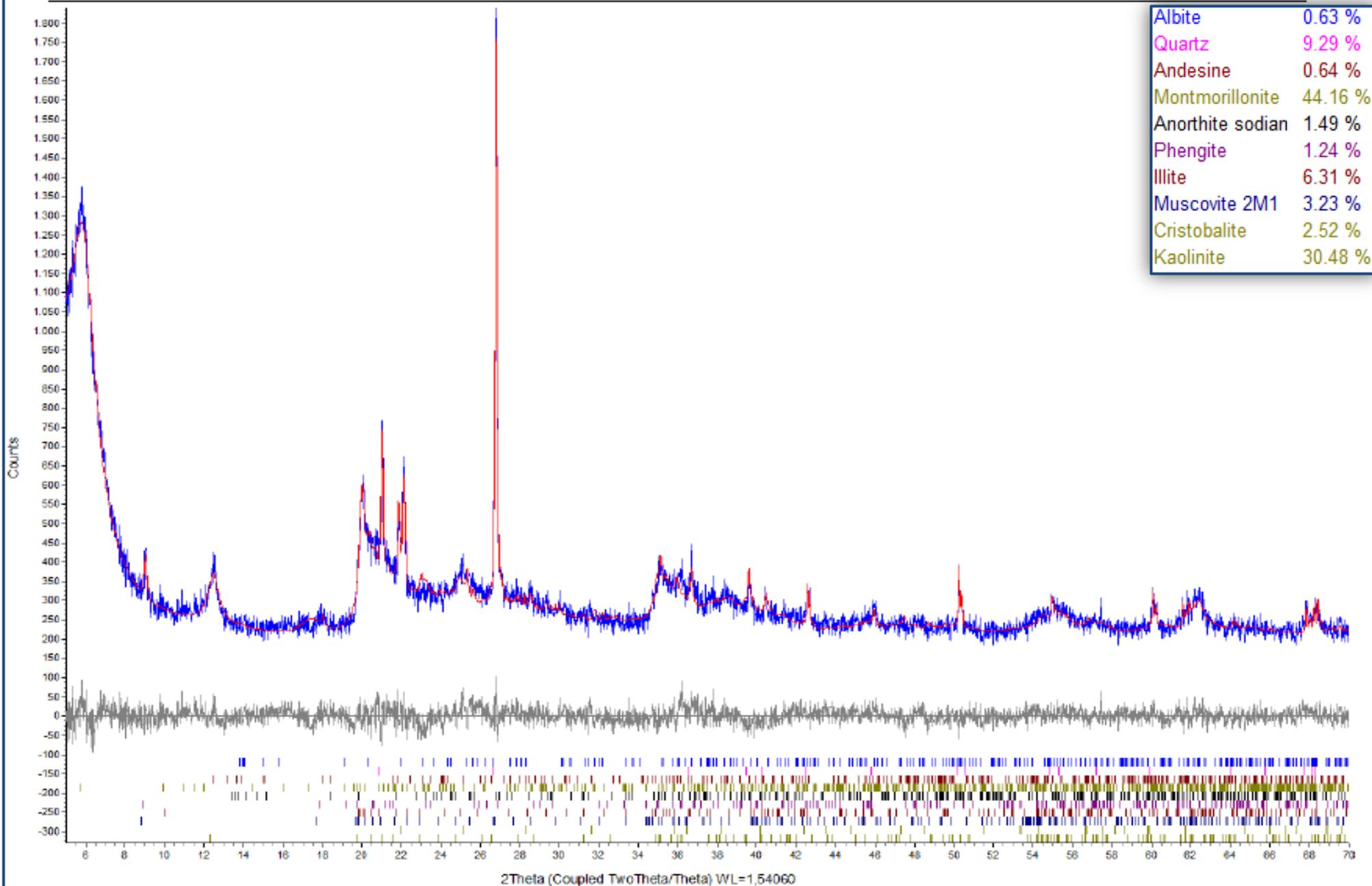
AUTOR: Valle Bustamante Ángel Leonardo.

FECHA: Febrero 2015.

Mineral	Fórmula	Muestra L1M1 (%)	Muestra L2M1 (%)	Muestra L3M1 (%)	Muestra L4M1 (%)	Muestra L5M1 (%)
Montmorillonita	$Al_2Ca_{0,5}O_{12}Si_4$	44,16	52,23	58,61	35,16	46,81
Cuarzo	SiO_2	9,29	10,44	11,69	17,24	29,64
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	30,48	6,40	4,46	11,54	-
Illita	$Al_4KO_{12}Si_2$	6,31	16,39	14,19	18,19	11,93
Moscovita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	3,23	3,83	3,23	4,52	2,86
Phengita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	1,24	6,22	4,26	5,44	0,96
Cristobalita	SiO_2	2,52	1,26	0,73	0,87	0,30
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	$(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$	2,77	3,23	2,83	7,04	3,44
Heulandita	$NaBa_4(Si_{27}Al_9)O_{72} \cdot 24H_2O$	-	-	-	-	4,06

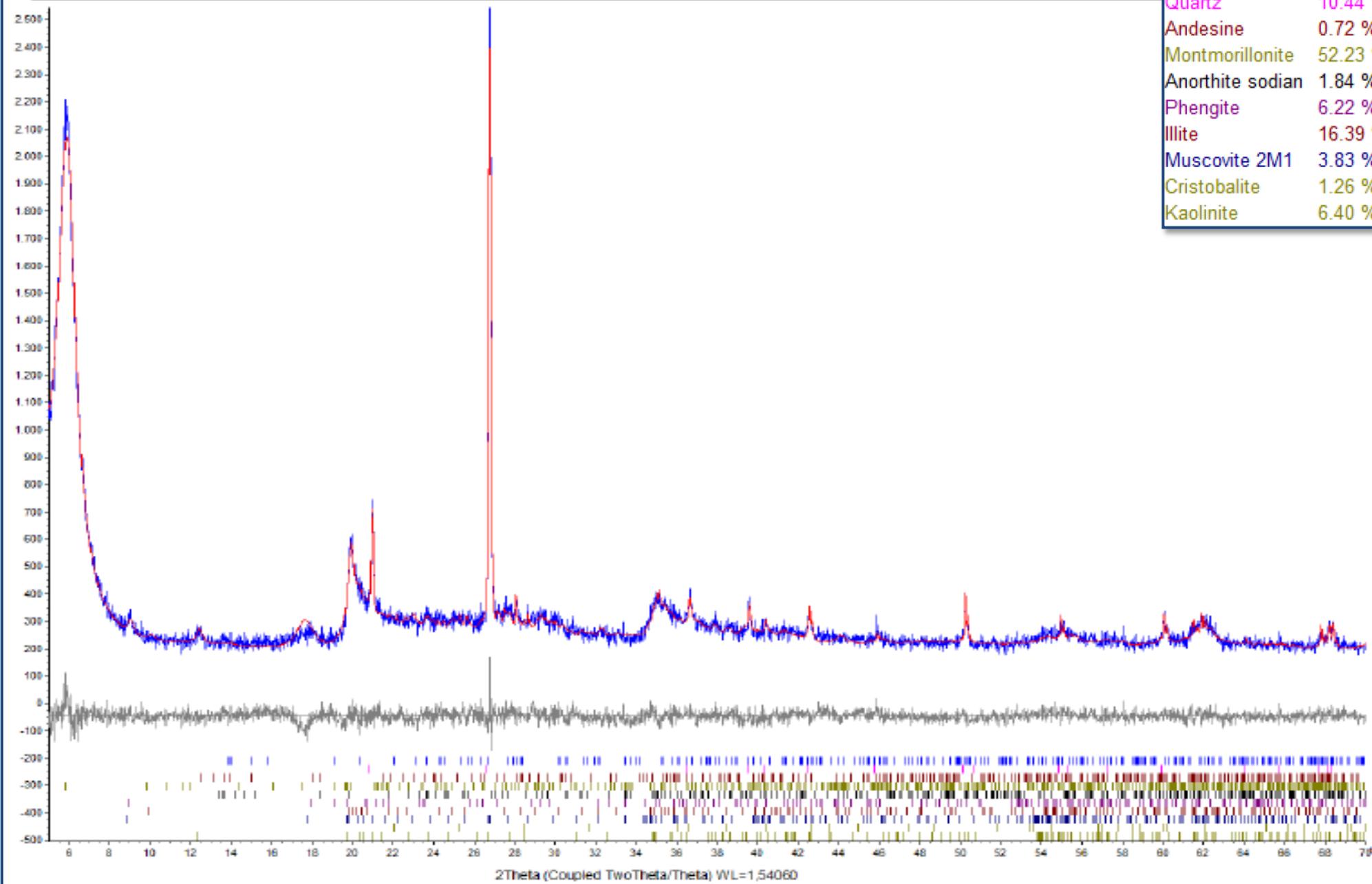
Mineral	Fórmula	Muestra L6M1 (%)	Muestra L7M1 (%)	Muestra L8M1 (%)	Muestra L9M1 (%)	Muestra L10M1 (%)
Montmorillonita	$Al_2Ca_{0,5}O_{12}Si_4$	37.30	25.56	51.96	48.66	27.17
Cuarzo	SiO_2	26.71	47.14	15.50	15.90	37.76
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	-	-	9.46	5.99	7.19
Illita	$Al_4KO_{12}Si_2$	11.82	7.23	11.99	13.87	9.82
Moscovita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	16.44	12.14	2.41	3.79	14.22
Phengita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	1.99	-	5.32	6.06	1.01
Cristobalita	SiO_2	0.05	0.11	1.29	1.96	0.35
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	$(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$	5.69	7.82	2.07	3.77	2.48

Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L1-M1-27-10-2014

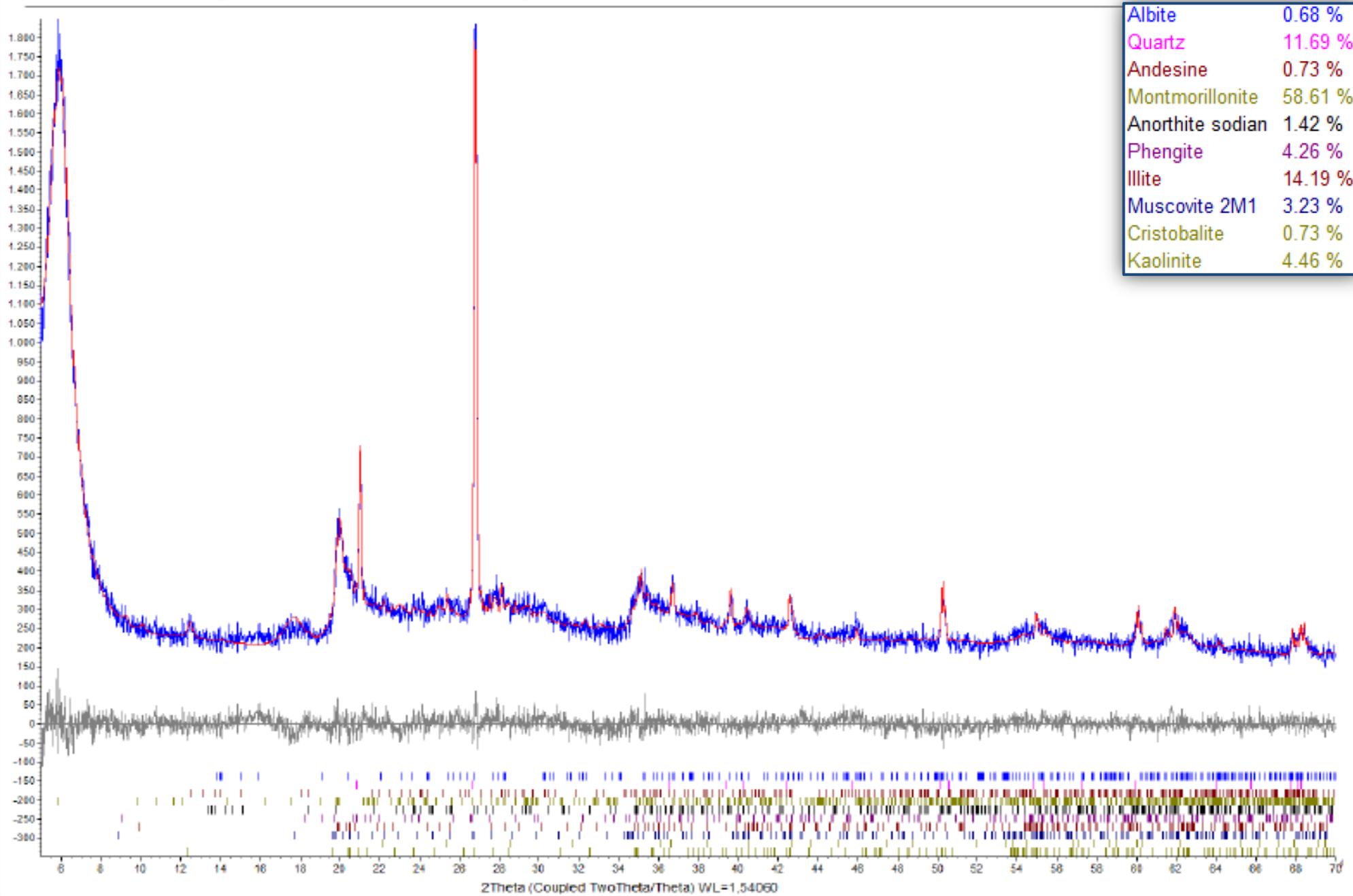


Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L2-M1-04-12-2014

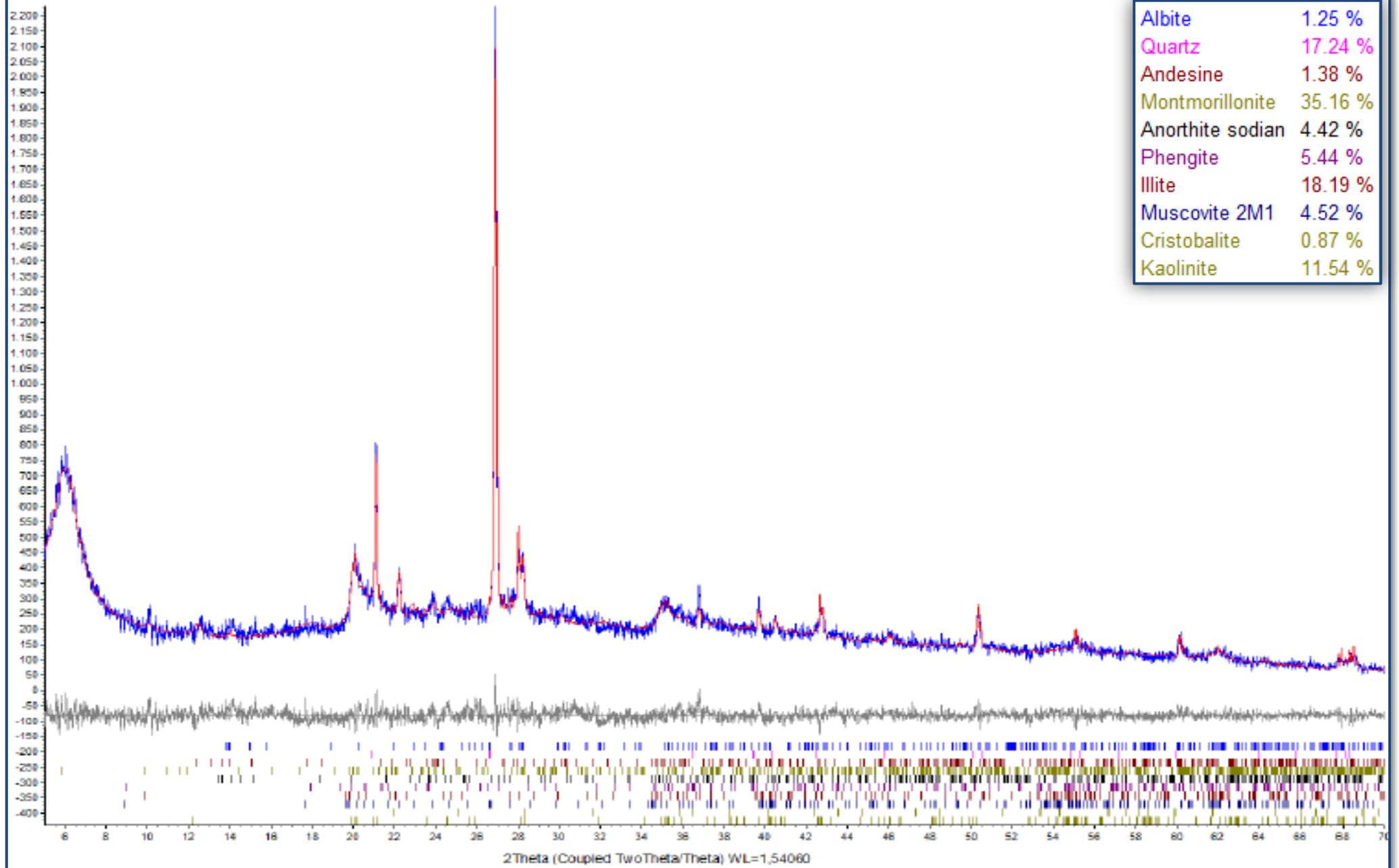
Albite	0.67 %
Quartz	10.44 %
Andesine	0.72 %
Montmorillonite	52.23 %
Anorthite sodian	1.84 %
Phengite	6.22 %
Illite	16.39 %
Muscovite 2M1	3.83 %
Cristobalite	1.26 %
Kaolinite	6.40 %



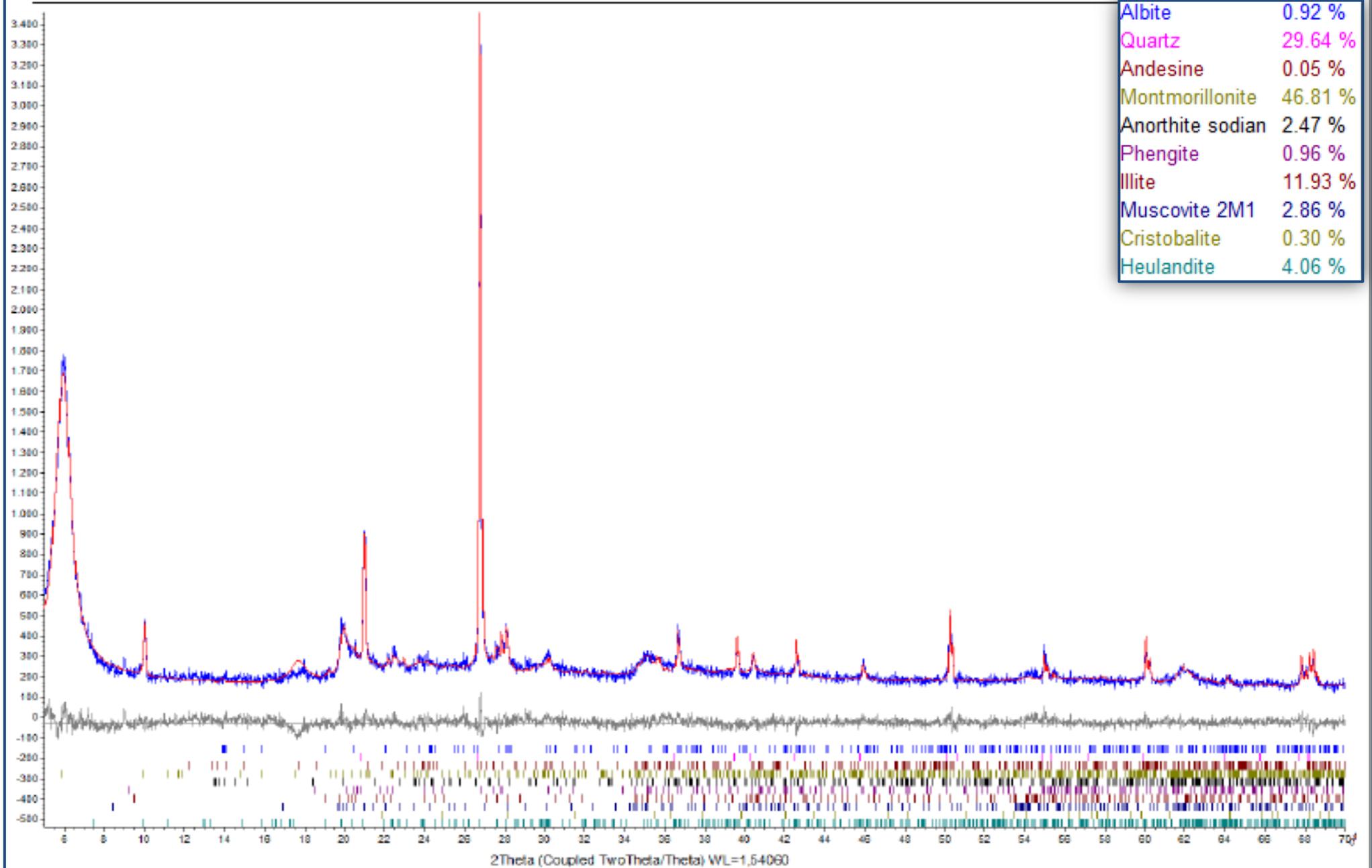
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L3-M1-27-10-2014



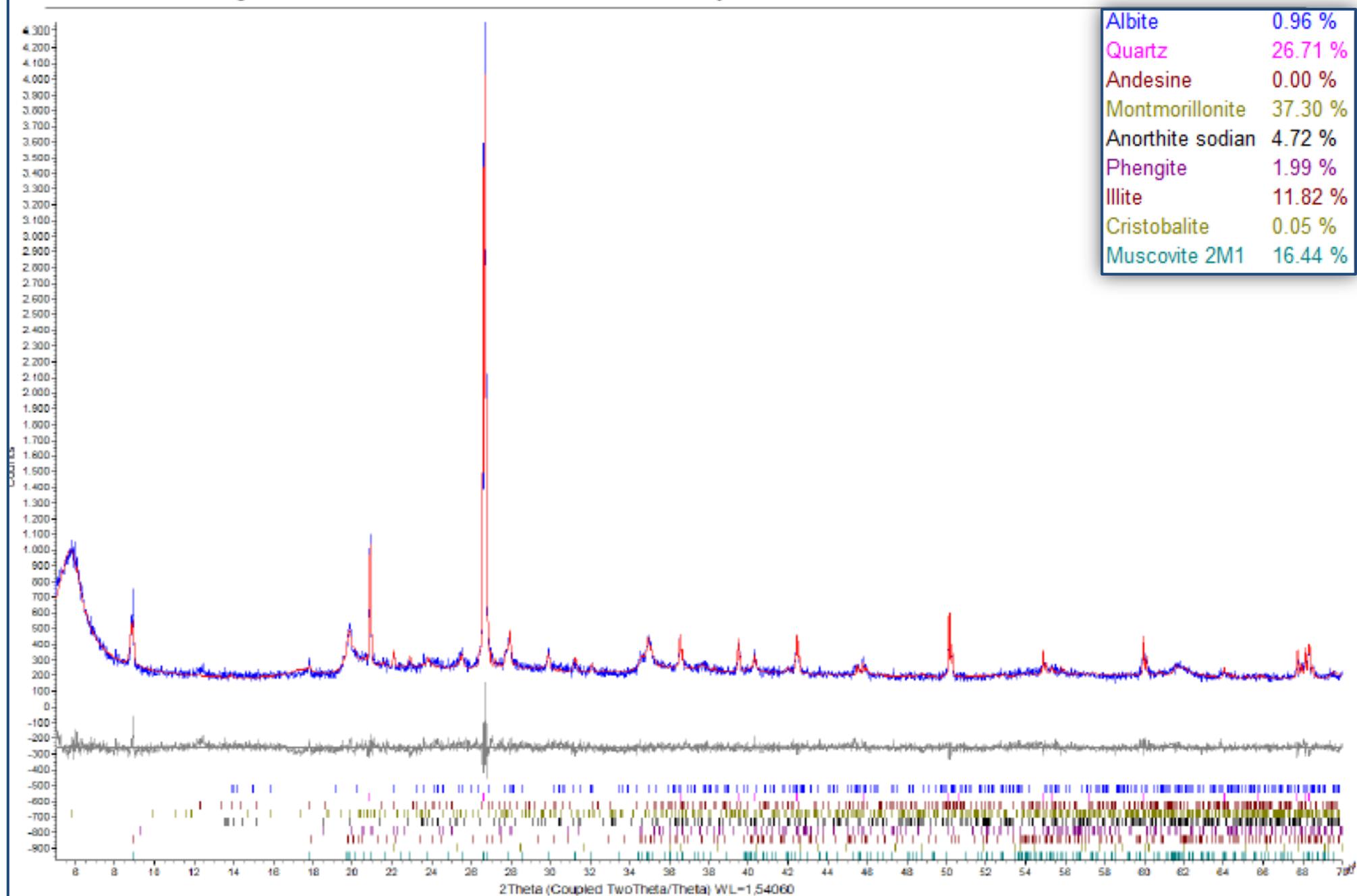
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L4-M1-22-12-2014



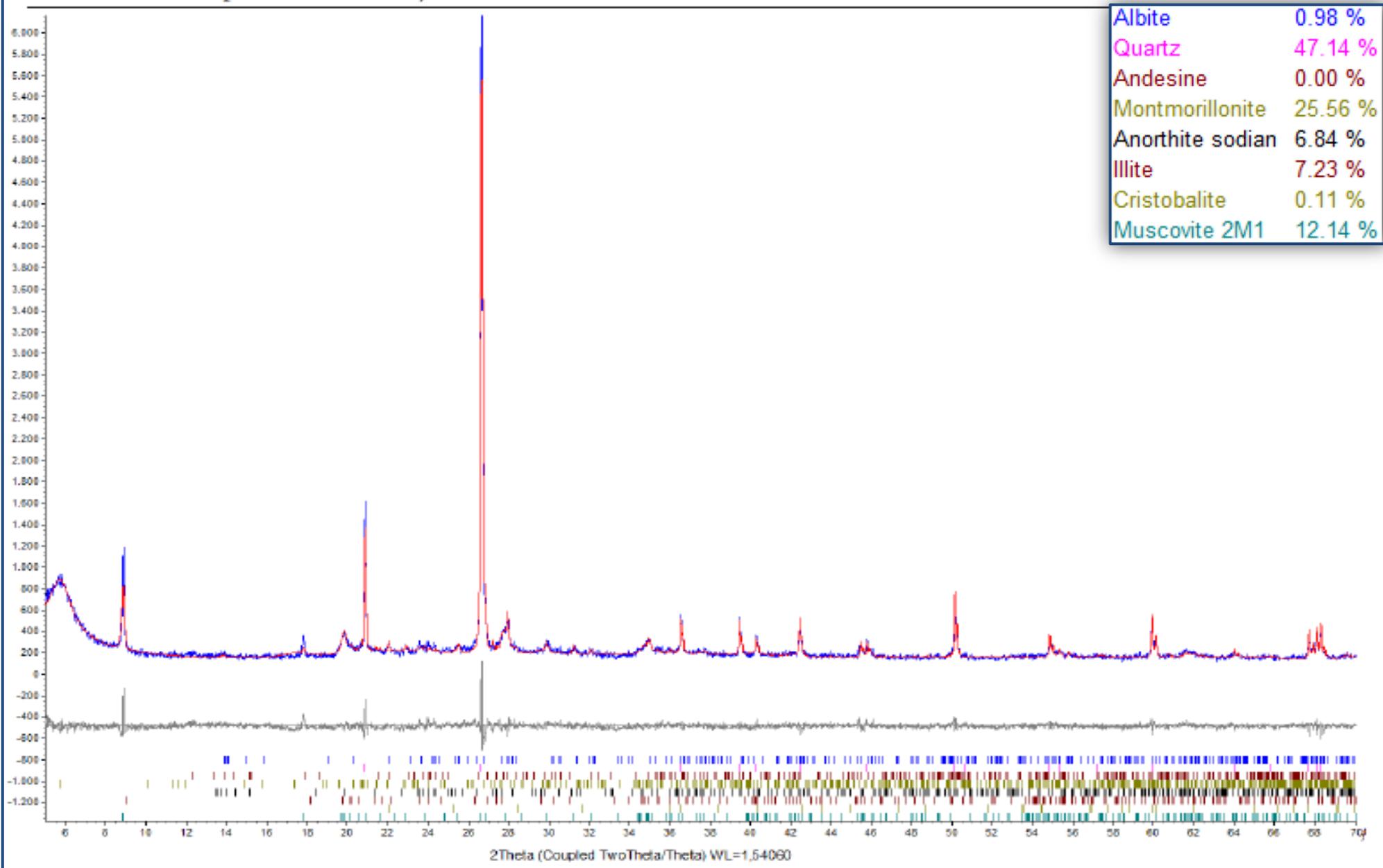
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L5-M1-22-12-2014



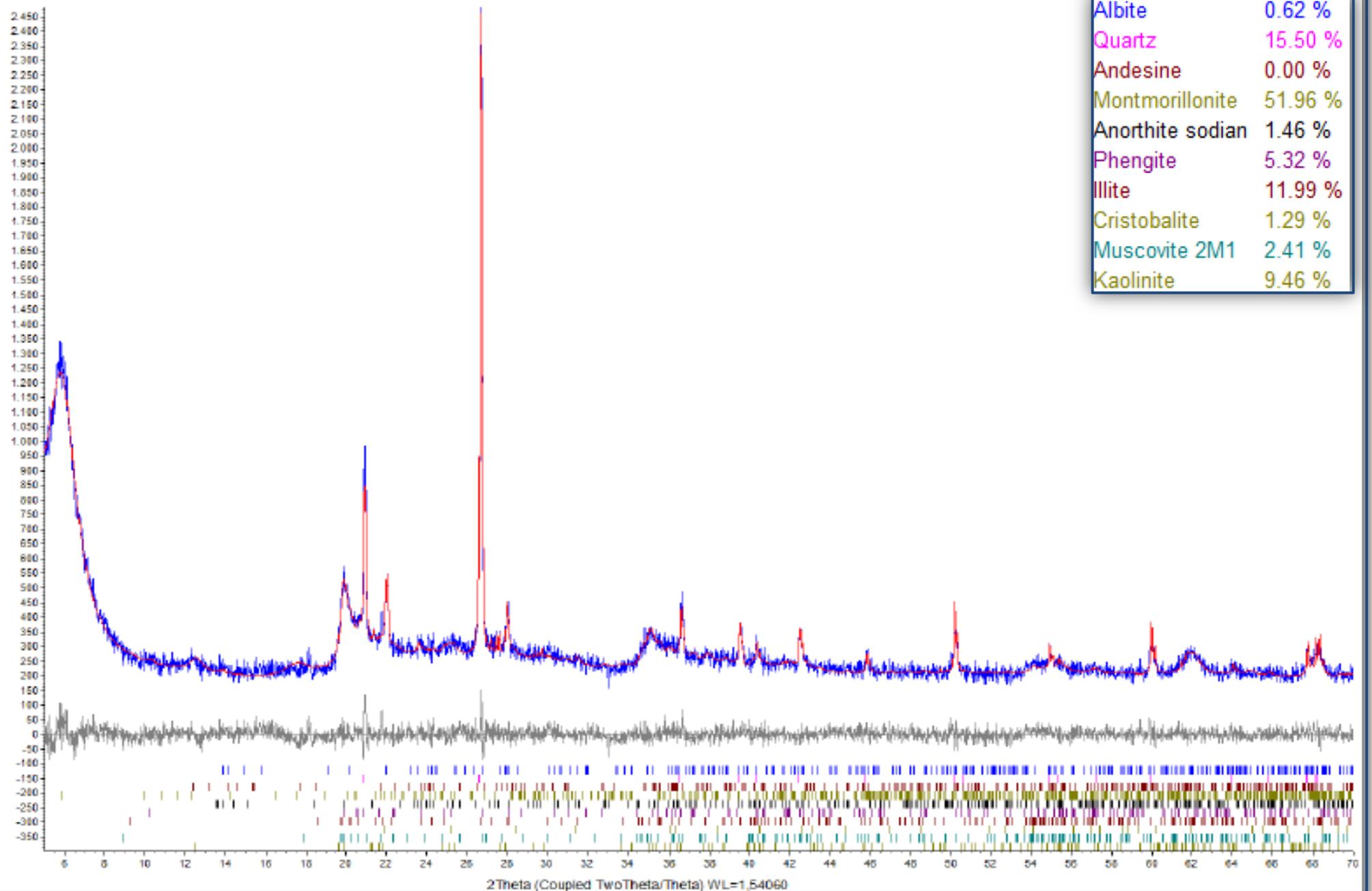
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA L6-M1-22-12-2014



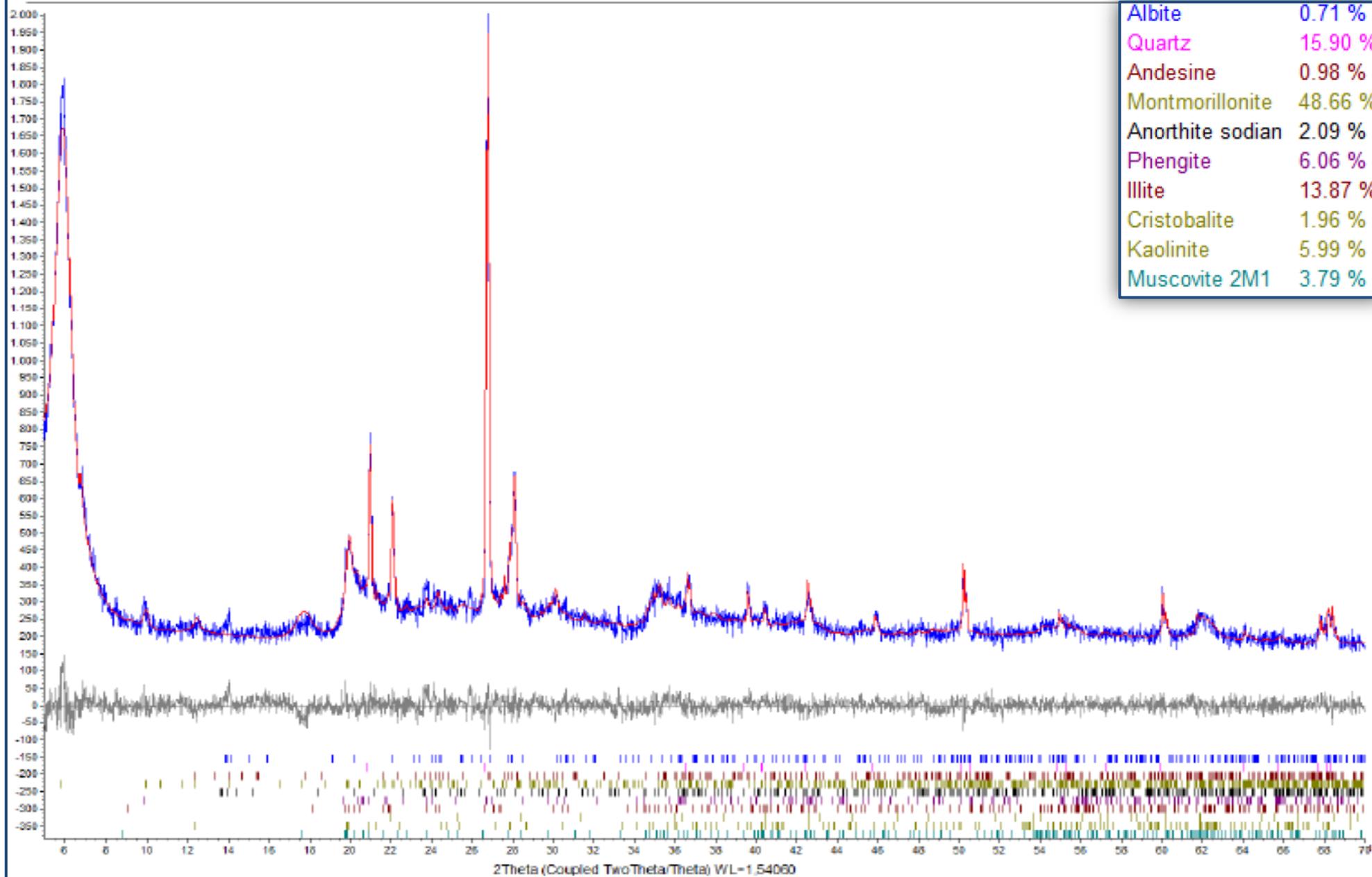
Commander Sample ID- Muestra L7-M1 -SIN MATERIA ORGÁNICA SIN CARBONATOS



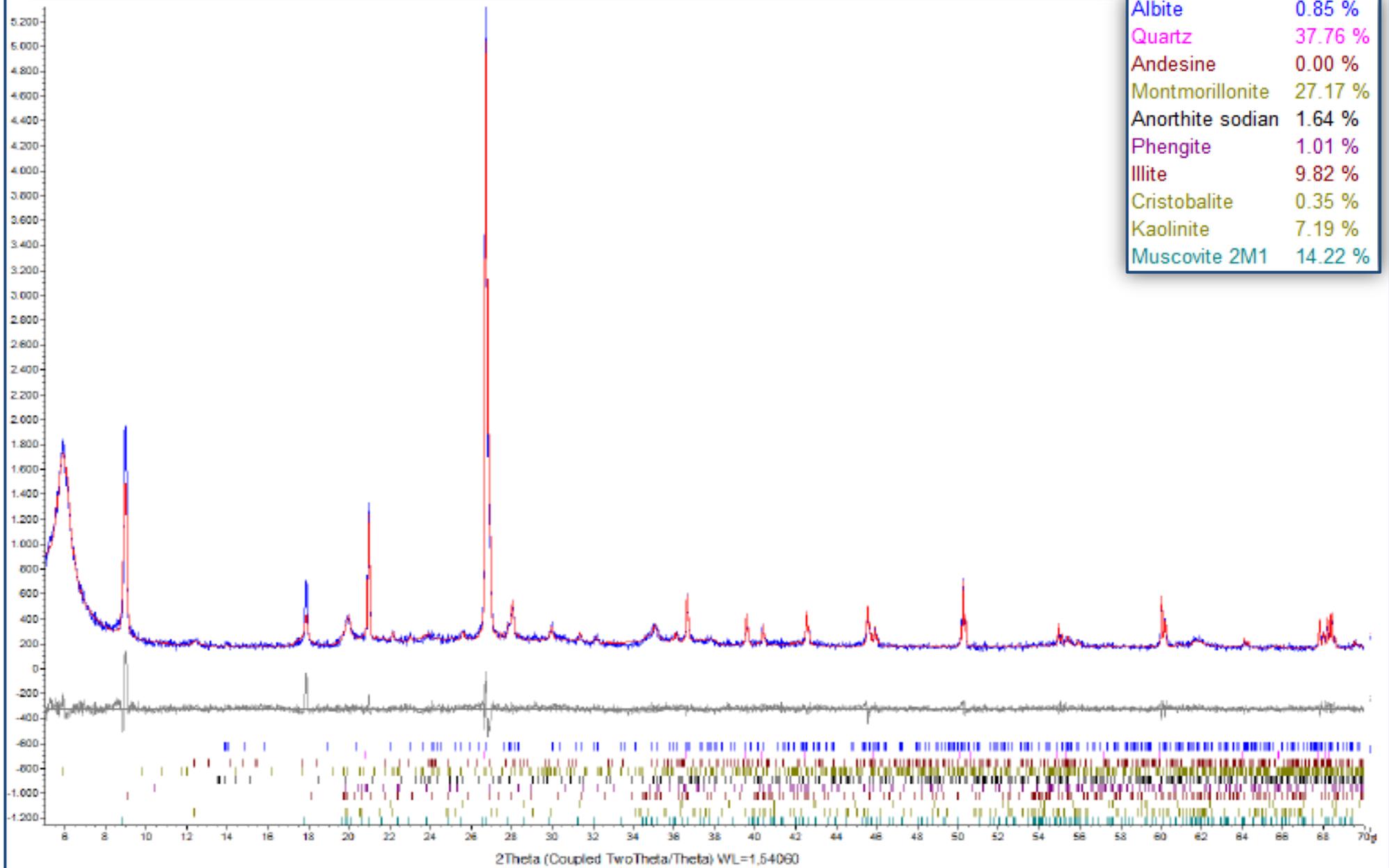
Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-L8-M1-22-12-2014



Commander Sample ID- Muestra ARCILLA-L9-M1-18-12-2014



Commander Sample ID- Muestra ARCILLA- L10-M1-22-12-2014



ANEXO IV. Registro fotográfico



Descripción de afloramientos de la zona



Estratos de arcilla de la zona de estudio



Secado natural de la muestra



Triturado de la muestra



Tamizado



Eliminación de materia orgánica



Lavado después de eliminar materia orgánica



Secado de las muestras en la estufa 50°C



Equipo de Casagrande



Ensayo de Límite líquido



Ensayo de Límite plástico



Ensayo de superficie específica



Papel filtro para resultados de SE.



Equipo para la medición del pH

ANEXO V. Mapa de las zonas de interés

