

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS  
DEPÓSITOS DE ARCILLA DE LA LOCALIDAD DE  
YAY, ESTADO LARA, VENEZUELA**

**Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Alejandro A. González V.  
Para optar al título de Ingeniero Geólogo**

**2024**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS  
DEPÓSITOS DE ARCILLA DE LA LOCALIDAD DE  
YAY, ESTADO LARA, VENEZUELA**

**TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ricardo Alezones**

**Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Alejandro A. González V.  
Para optar al título de Ingeniero Geólogo**

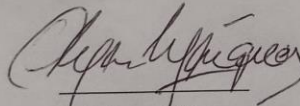
**2024**

Caracas, junio 2024

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el bachiller Alejandro A. González V., titulado:

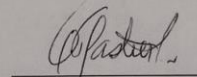
“ CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS DEPÓSITOS DE  
ARCILLA DE LA LOCALIDAD DE YAY, ESTADO LARA, VENEZUELA ”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio, conducentes al título de Ingeniero Geólogo, y sin que ellos signifiquen que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Omar Márquez

Jurado



Prof. Alba Castillo

Jurado



Prof. Ricardo Alezones

Tutor Académico

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre por todo su apoyo y dedicación incondicional.

Agradezco a mi hermano por su apoyo y guía durante todo el desarrollo de mi formación académica universitaria.

Agradezco a mis familiares, amigos y compañeros con los que he compartido y vivido este gran capítulo de mi vida.

Agradezco al Profesor Ricardo Alezones más allá de ser mi tutor ha sido un pilar inmensurable en mi formación como ingeniero geólogo y tuve el gran honor de acompañarlo durante cinco (5) semestres como su preparador en introducción a la geología de campo.

Agradezco al Profesor José Luis De Abreu por brindarme un voto de confianza para desarrollar un estudio en una zona económicamente activa.

Agradezco a la Profesora Carolina Machillanda por su tiempo y disposición en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a la Profesora Mónica Pereira, Profesor Nelson Camacho y el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) por apoyarme y guiarme en el desarrollo de ensayos de laboratorio.

**González V. Alejandro A.**

**CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS DEPÓSITOS DE  
ARCILLA DE LA LOCALIDAD DE YAY, ESTADO LARA, VENEZUELA**

**Tutor Académico: Profesor Ricardo Alezones. Tesis. Caracas Universidad  
Centra de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y  
Geofísica, Departamento de Geología. Año 2024, 90p.**

Palabras Clave: Yay, Arcilla-Caracterización mineralógica, Arcilla-base de datos  
cartográfico, Arcilla-Difracción de rayos X.

**Resumen.** La presente investigación tiene como objetivo caracterizar la mineralogía de los depósitos de arcillas en la localidad de Yay, estado Lara, Venezuela. El estudio se dividió en cuatro fases. En la primera fase, se recopiló material cartográfico y bibliográfico relevante sobre la zona de estudio. La segunda fase consistió en la adquisición de datos en campo, donde se tomaron muestras de litologías y suelos aflorantes, las cuales fueron fotografiadas, georreferenciadas y descritas en términos de color fresco, color meteorizado, estructura del suelo, humedad, plasticidad y textura. Se identificaron datos estructurales y estratigráficos clave, como el tope de la secuencia sedimentaria, marcado por un contacto discordante entre rocas metamórficas y depósitos de arcilla en la región.

Se recolectaron muestras representativas siguiendo criterios normativos específicos establecidos por la norma AASHTO (2014) y por Herrera, Guijarro y Duque (2018) siendo un total de 35 muestras, dos (2) de suelos residuales generados por la meteorización in situ de esquistos sericíticos, dos (2) de lentes de arenisca con Ichnofacies y diaclasas recristalizadas por cuarzo, cinco (5) fueron de esquistos sericíticos y veintiséis (26) muestras de arcilla provenientes de roca fresca.

Durante la tercera fase se analizaron en el laboratorio las muestras obtenidas en campo mediante técnicas como el estudio de Superficie Específica o Absorción de Azul de Metileno siguiendo lo establecido en la norma AFNOR P18-592 y Scremin (2019), así como análisis orientados de las muestras de arcilla por medio de difracción de rayos x siguiendo los protocolos de Fournier (1999) y el Proyecto y Buenas Prácticas Docentes Básicos 2020-2021 (modificado) analizando las gráficas por medio del método Rietveld y Relación de Intensidad Relativa (RIR). Los resultados obtenidos de estos análisis fueron consistentes y se corroboraron mutuamente.

Durante la fase de post-laboratorio, se integró la toda la información recopilada, adquirida, generada y analizada, lo que permitió identificar cinco (5) depósitos de arcilla en la zona de estudio, con uno (1) de origen saprolítico y cuatro (4) de origen diagenético. Los minerales de arcilla predominantes, illita, pirofilita y caolinita, se atribuyen a factores depositacionales, morfoclimáticos y metamórficos de bajo grado. Estos depósitos se clasificaron como Arcilla Illítica Grisácea, Arcilla Illítica Marrón, Arcilla Grafitosa y Arcilla Pirofilítica Marrón Amarillenta, siendo plasmados junto a toda la data levantada en un mapa geológico. Este estudio ofrece una detallada caracterización de los depósitos de arcilla en la región de Yay, enriqueciendo el conocimiento sobre su composición mineralógica y su potencial industrial.

Finalmente, se determinó que la cuenca presenta una dirección preferencial suroeste-noreste, con una forma alargada. Esto sugiere que se originó como una cuenca tipo graben, según Álvarez (2006) y Stephan (1977). La cuenca muestra una secuencia de depósitos que incluyen arcillas, limos, conglomerados, y materia orgánica, indicando cambios en la energía de depositación de forma esporádicas producto de procesos orogénicos. La presencia de lignitos y arcillas sugiere un ambiente paludal asociado con episodios de sedimentación torrencial. Posteriormente, un proceso de metamorfismo de bajo grado verticalizó la secuencia hacia el norte, generando diaclasas y cristalizaciones de fluidos ricos en silicio.

## ÍNDICE

1	CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	GENERALIDADES .....	1
1.2	UBICACIÓN .....	1
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.4	OBJETIVO GENERAL .....	3
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6	JUSTIFICACIÓN .....	4
1.7	ALCANCE .....	5
1.8	ANTECEDENTES .....	5
2	CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1	BASES CONCEPTUALES.....	8
2.1.1	Arcilla .....	8
2.1.2	Filosilicatos .....	8
2.1.3	Clasificación Filosilicatos .....	9
2.1.4	Horizontes de Suelo .....	9
2.1.5	Horizonte A.....	10
2.1.6	Horizonte B.....	10
2.1.7	Horizonte C .....	10
2.1.8	Difracción de Rayos X (DRX) .....	10
2.1.9	Clasificación de Arcillas Según su Uso Industrial.....	11
2.2	GEOLOGÍA REGIONAL .....	12
2.2.1	Localidad Tipo .....	12
2.2.2	Descripción Topográfica .....	12
2.2.3	Descripción Litológica.....	13
2.2.4	Espesor .....	15
2.2.5	Extensión Geográfica .....	16
2.2.6	Contactos .....	16
2.2.7	Fósiles .....	16
2.2.8	Marco Estructural .....	17

2.2.9	Edad.....	18
2.2.10	Correlación.....	18
2.2.11	Paleoambientes.....	19
3	CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	21
3.1	RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA Y PLANTEAMIENTO PRECAMPO.....	21
3.1.1	Recopilación Bibliográfica y Cartográfica.....	21
3.1.2	Precampo.....	22
3.2	LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO.....	23
3.2.1	Equipos y Materiales (Herrera S., Guijarro G. y Duque T. 2018).....	23
3.2.2	Metodología de Muestreo.....	24
3.2.3	Descripción de Muestras.....	26
3.2.4	Identificación de Muestras en Campo.....	27
3.2.5	Cuarteo en Lona (AASHTO 2014).....	27
3.2.6	Empaquetamiento de las Muestras.....	28
3.3	PROCESAMIENTO EN LABORATORIO.....	28
3.3.1	Materiales a Utilizar (Fournier 1999).....	28
3.3.2	Secado al Aire libre.....	31
3.3.3	Identificación de Muestras en Laboratorio.....	31
3.3.4	Ensayo Roca Total (Fournier 1999).....	31
3.3.5	Identificación de Montura.....	32
3.3.6	Montura Orientada.....	32
3.3.7	Condiciones del Difractómetro de Rayos X y Programas de Corridas.....	36
3.3.8	Superficie Específica – Absorción de Azul de Metileno.....	37
3.4	POST-LABORATORIO.....	40
3.4.1	Análisis de Gráficas DRX.....	40
3.4.2	Generación de Mapas y Figuras.....	40
3.4.3	Conclusión.....	40
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	41
4.1	TRABAJO DE CAMPO.....	41
4.1.1	Coordenadas GPS.....	41
4.1.2	Descripción De Muestras Tomadas.....	45



4.1.3	Contacto de Falla .....	52
4.1.4	Ichnofacies Observadas .....	52
4.2	Análisis de Laboratorio .....	54
4.2.1	Tamizado y observación en Microscopio de aumento.....	54
4.2.2	Absorción de Azul de Metileno .....	55
4.2.3	Análisis Gráficas DRX .....	58
4.2.4	Asociación Litológica de los Depósitos de Arcilla.....	73
4.2.5	Historia Geológica .....	78
4.3	CAPÍTULO VI SUMARIO, CONCLUSION Y RECOMENDACIONES .....	80
4.3.1	SUMARIO.....	80
4.3.2	CONCLUSIONES.....	81
4.3.3	RECOMENDACIONES.....	82
5	BIBLIOGRAFÍA.....	84
6	APENDICE MAPAS E IMÁGENES.....	86
6.1	Mapa de Muestras, Localidad de Curigua, Sanare, Estado Lara. ....	86
6.2	Mapa Temático, Localidad de Curigua, Sanare, Estado Lara. ....	87

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1.1 Ubicación Zona de Estudio. Imágenes recuperadas y modificadas de Google Earth PRO. ....	2
Figura 2.1 Unidades Topográficas Definidas en la cuenca Yay (modificado). Recuperada de Álvares (2006) Modificada. Se observa en el área remarcada en rojo la distribución de la zona de trabajo. Categorizando la misma como Colinas Piemontinas (parte Baja). ....	13
Figura 2.2 Mapa Estructural Cuenca Yay (modificado). Recuperado de Álvarez (2006) y modificado. Se observa en el área remarcada en rojo la distribución de estructuras en la zona de estudio, siendo la más resaltante la interpretación de un fallamiento .....	18
Figura 3.1 Flujograma Metodológico del Proyecto. En este se resaltan las fases necesarias para alcanzar los objetivos planteados.....	21
Figura 3.2 Mapa Pre-campo Sanare 1. Mapa Topográfico Sanare I 6245 Modificado. En este mapa se puede observar la distribución del mallado el cual se fundamenta en una cuadrícula de 200 metros cuadrados, a su vez fueron resaltados puntos de interés M1, M10 y M14.....	23
Figura 3.3 A. Equipo PW 1130/96, B. Equipo LANScientific .....	29
Figura 4.1 Mapa de Puntos GPS Tomados en Campo .....	44
Figura 4.2 Muestras tomadas en Campo. En esta figura se pueden observar todas las muestras tomadas durante el periodo de campo excepto la muestra AG-26 por su diferencia de tamaño con las otras seleccionadas. ....	51
Figura 4.3 Se observa dos materiales cuyo contacto es discordante, siendo el material en el tope fragmentos angulares de esquistos sericíticos en una matriz y en la parte inferior una capa de arcilla. ....	52
Figura 4.4 Polaridad de Capas. La imagen A muestra el afloramiento del lente de arena y las estructuras descritas. La imagen B muestra una toma más cercana de la ichnofacie encontrada, se observa sobresaliendo de la roca y se encuentra rellena. En las imágenes C y D se observa la muestra AG-26 con la ichnofacies de mayor tamaño se encuentra en esta, también se puede observar una serie de diaclasas las cuales cortan la capa de forma transversal indicando una formación mientras el lente se encontraba horizontalizado. La foto D se observó por el lente 5x de un microscopio de aument, donde o los cristales dentro de las diaclasas no reaccionan a HCL siendo estos de material silíceo. ....	53
<i>Figura 4.5 Fragmentos Fósiles Encontrados. Imagen tomada a través del objetivo X20 del microscopio por un teléfono con cámara de 12 MP el fondo es un papel milimétrico enfocando casillas de 1 mm<sup>2</sup>. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4.6 Detritos de Oro. Imagen tomada a través del objetivo X20 del microscopio por un teléfono con cámara de 12 MP el fondo es un papel milimétrico enfocando casillas de 1 mm<sup>2</sup>. ....</i>	<i>55</i>
Figura 4.7 AG-18 Absorción de Azul de Metileno.....	55
Figura 4.8 AG-20 Absorción de Azul de Metileno.....	56
Figura 4.9 AG-23 Absorción de Azul de Metileno.....	57
Figura 4.10 Score. 36 Cuarzo, 19 Pirofilita, 5 Illita y 1 Caolinita. ....	58

Figura 4.11 Score. 55 Cuarzo, 12 Illita y 2 Caolinita. ....	58
Figura 4.12 Score. 56 Pirofilita, 48 Cuarzo, 11 Illita y 5 Caolinita. ....	59
Figura 4.13 Score 49 Cuarzo, 10 Illita y 9 Clorita. ....	59
Figura 4.14 Score. 46 Cuarzo, 37 Pirofilita, 8 Illita y 3 Caolinita. ....	60
Figura 4.15 Score. 41 Cuarzo, 8 Feldespato y 6 Illita. ....	60
Figura 4.16 Score. 51 Pirofilita, 47 Cuarzo, 7 Illita y 4 Caolinita. ....	61
Figura 4.17 Score. 34 Cuarzo, 34 Pirofilita, 22 Illita y 13 Caolinita. ....	61
Figura 4.18 Score. 48 Cuarzo, 21 Illita, 8 Dickita y 8 Pirofilita. ....	62
Figura 4.19 Score. 44 Cuarzo, 34 Pirofilita, 9 Illita y 4 Caolinita. ....	62
Figura 4.20 Score. 54 Pirofilita, 52 Cuarzo y 7 Caolinita. ....	63
Figura 4.21 Score. 49 Cuarzo, 45 Pirofilita y 5 Caolinita. ....	63
Figura 4.22 Score. 38 Cuarzo, 22 Illita, 12 Dickita y 9 Pirofilita. ....	64
Figura 4.23 Score. 26 Cuarzo, 25 Montmorillonita, 23 Montmorillonita/Chlorita/Vermiculita y 17 Illita. ....	64
Figura 4.24 Score. 45 Cuarzo, 40 Illita, 23 Dickita y 19 Pirofilita. ....	65
Figura 4.25 Score. 26 Illita-Monmorillonita, 19 Illita, 13 Pirofilita, 12 Cuarzo y 10 Caolinita. .....	65
Figura 4.26 Score. 49 Cuarzo, 47 Pirofilita, 8 Illita y 7 Caolinita. ....	66
Figura 4.27 Score. 37 Cuarzo, 32 Pirofilita, 18 Caolinita y 6 Illita. ....	66
Figura 4.28 Score. 43 Cuarzo, 43 Pirofilita, 16 Illita, 10 Illita-Monmorillonita y 8 Caolinita. ....	67
Figura 4.29 Score. 41 Cuarzo, 13 Illita, 11 Illita-Monmorillonita, 5 Caolinita y 5 Pirofilita. ....	67
Figura 4.30 Score. 55 Pirofilita, 51 Cuarzo, 6 Illita y 5 Caolinita. ....	68
Figura 4.31 Score. 42 Cuarzo, 36 Pirofilita, 18 Illita, 13 Caolinita y 12 Illita-Montmorillonita. .....	68
Figura 4.32 Score. 45 Pirofilita, 35 Cuarzo, 11 Vermiculita, 9 Illita y 6 Caolinita- Montmorillonite. ....	69
Figura 4.33 Score. 45 Pirofilita, 45 Cuarzo, 8 Illita y 2 Dickite. ....	69
Figura 4.34 Score. 44 Cuarzo, 42 Pirofilita, 11 Illita y 2 Caolinita. ....	70
Figura 4.35 Score. 49 Cuarzo, 45 Pirofilita, 16 Illita y 2 Caolinita. ....	70
Figura 4.36 Score. 46 Pirofilita, 42 Cuarzo, 11 Illita y 14 Caolinita. ....	71
Figura 4.37 Score. 50 Cuarzo, 50 Pirofilita, 9 illita y 2 Caolinita. ....	71
Figura 4.38 Score. 41 Cuarzo, 22 Clorita, 13 Biotita y 10 Illita. ....	72
Figura 4.39 Score. 42 Cuarzo, 37 Pirofilita, 14 Illita y 4 Caolinita. ....	72
Figura 4.40 Mapa Geológico Localidad de Curigua, Región de Yay, Estado Lara ..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1 Puntos Delimitación de la Zona de Estudio .....	1
Tabla 2.1 Clasificación de Filosilicatos Asociados con Arcillas .....	9
Tabla 2.2 Clasificación de Arcillas Según su Uso Industrial .....	11
Tabla 2.3 Resumen Descripciones Litológicas M1-M10-M14.....	14
Tabla 3.1 Presupuesto Estimado para el Trabajo de Campo .....	22
Tabla 3.2 Metodología de Descripción de Muestras.....	26
Tabla 3.3 Identificación de Muestras en Campo .....	27
Tabla 3.4 Identificación de Muestras en Laboratorio.....	31
Tabla 3.5 Valores Normados de Superficie Especifica Narsilia & Santamaria (2004).....	39
Tabla 4.1 Tabla de Coordenadas GPS y Muestras Tomadas.....	41
Tabla 4.2 Tabla de Descripción Muestras de Arcilla .....	45
Tabla 4.3 Tabla de Descripción de Muestras de Rocas Metamórficas.....	50
Tabla 4.4 Tabla de Muestras Arcilla Pirofilitica Marrón Amarillenta .....	73
Tabla 4.5 Tabla de Muestras de Arcilla illítica Grisácea .....	74
Tabla 4.6 Muestras Arcilla Illítica Marrón Claro .....	75
Tabla 4.7 Tabla de Muestras Arcilla Illítica Grafitosa .....	76
Tabla 4.8 Tabla de Muestras Suelos Arcilloso Residuales .....	76

## **1 CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 GENERALIDADES**

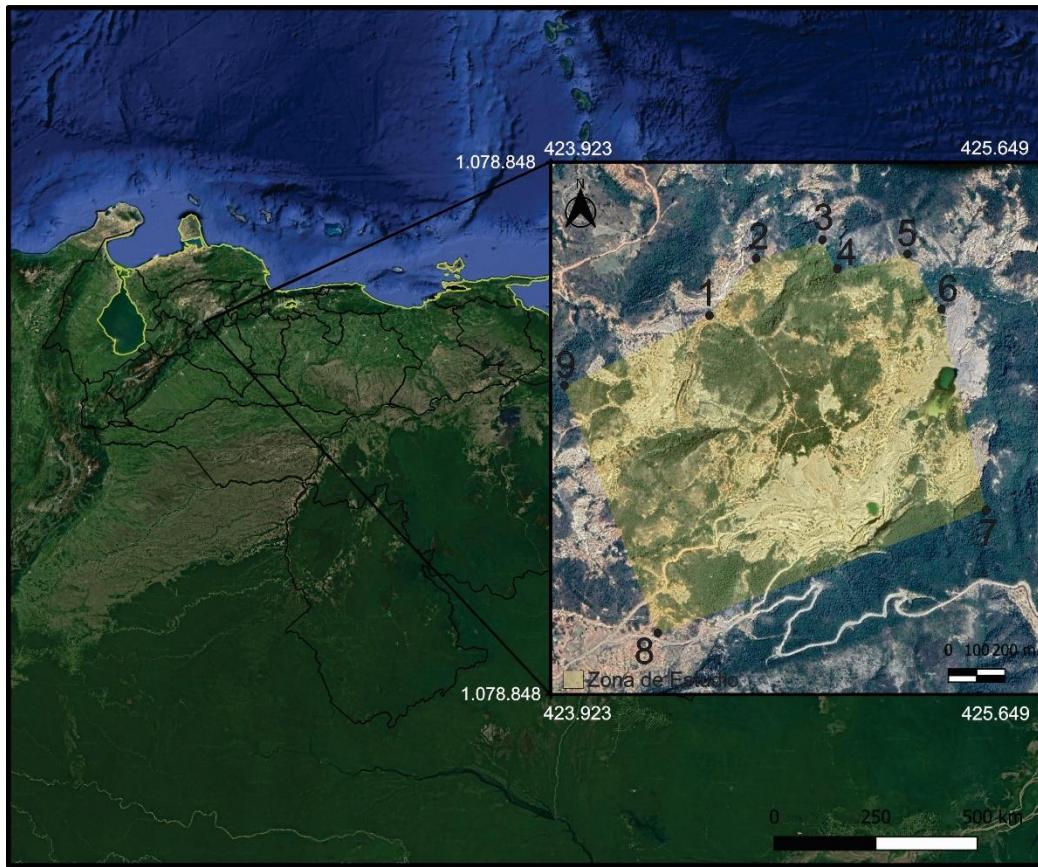
Este trabajo académico se llevó a cabo al oeste de la región de Sanare estado Lara, Venezuela. La zona de estudio tiene una extensión de 132 hectáreas ( $1,32 \text{ km}^2$ ). Se tiene como objetivo general caracterizar la mineralogía y distribución de los depósitos de arcillas, para ello se llevó a cabo un levantamiento geológico de campo en el cual se tomaron muestras representativas de la zona, estas muestras fueron estudiadas en laboratorio por medio de difracción de rayos X; con la información obtenida se generó un mapa geológico y secciones geológicas en las que se representan los diversos depósitos delimitados en campo.

### **1.2 UBICACIÓN**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la región de Yay específicamente al este del Hundimiento Yay y al oeste de Sanare, estado Lara (véase la tabla 1.1 y la figura 1.1). La zona posee una forma de polígono irregular cubriendo una extensión de  $1,32 \text{ km}^2$ , cuya pendiente desciende hacia el suroeste. Esta región presenta un clima de Sabanas y Bosques Semisecos y una vegetación de bosque seco tipo cardonal (Álvarez M. 2006). Declinación magnética local  $11.35^\circ$  al oeste.

Tabla 1.1 Puntos Delimitación de la Zona de Estudio

REGVEN/UTM ZONA 19N		
Punto	NORTE	ESTE
1	1.080.128	424.479
2	1.080.325	424.652
3	1.080.398	424.887
4	1.080.287	424.939
5	1.080.349	425.185
6	1.080.146	425.305
7	1.079.444	425.465
8	1.079.005	424.302
9	1.079.882	423.971
9	1.079.882	423.971



*Figura 1.1 Ubicación Zona de Estudio. Imágenes recuperadas y modificadas de Google Earth PRO.*

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El estado Lara es reconocido por su amplia variedad de actividades extractivas. En tiempo reciente, se ha generado un incremento de la exploración y extracción de yacimientos arcilla en el mismo. Las diferentes localidades aledañas a Sanare, poseen una topografía y litología favorable para la depositación de horizontes de arcilla.

En la región Yay existen depósitos superficiales de arcilla, los cuales son producto principalmente de la meteorización y erosión de la Formación El Pegón compuesta por gravas pobremente consolidadas y mal escogidas, con cantos compuestos por fragmentos de, esquistos cuarzo-sericíticos y cuarcitas en el área. Estos cuerpos no han sido caracterizados de forma mineralógica, por lo que se busca estudiar la composición de los diferentes depósitos encontrados en la zona.

El muestreo se realizó tomando como base un mallado de 200 x 200 metros, determinando los minerales presentes en la zona y así delimitar aquellas según su enriquecimiento mineral, por medio de métodos semicuantitativos. La implementación de ensayos granulométricos y difracción de rayos X (DRX), permite el estudio pleno de los depósitos presentes.

La información recolectada de la región de Yay será anexada al proyecto del “Atlas de depósitos de arcilla en Venezuela” el cual busca la caracterización de los cuerpos presentes en el país y posee una base de datos con la bibliografía y cartografía de los depósitos superficiales estudiados hasta hoy en día.

La falta de información entorpece el desarrollo de la actividad minera local, puesto que al tomar en consideración la composición de estos depósitos se facilitaría el desarrollo de la misma. Esto beneficiaría al sector industrial alfarero; el crecimiento de estas industrias genera un estímulo económico en la región atrayendo inversores que, a su vez enriquecen la calidad de vida de los habitantes gracias al incremento de oportunidades laborales e incrementa el intercambio económico regional.

Por ende, es necesario estudiar y generar los insumos precisos para alimentar una base de datos que contenga, la delimitación y composición mineralógica de los cuerpos de arcilla de la zona estudio. Estando a disposición de futuros estudios y/o actividades económicas en la misma.

#### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar la mineralogía de los depósitos de arcillas de la localidad de Yay, estado Lara, Venezuela.

#### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información de trabajos académicos y artículos científicos sobre la geología y mineralogía de la región.

- Plantear un período de Pre-campo en el que se establezca un mallado tentativo de recolección.
- Caracterizar por medio de análisis de difracción de rayos X (DRX) las muestras recolectadas para identificar su composición mineralógica.
- Generar una base de datos mediante la integración de la ubicación en coordenadas geográfica, mineralogía asociada, posible uso industrial y comercial de las arcillas estudiadas.
- Elaborar un mapa geológico y secciones geológicas en las que se representen patrones de enriquecimiento mineral y cambios de distribución lateral.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo colabora con el proyecto del Laboratorio de Geología de Superficie y del Laboratorio de Difracción de Rayos X Departamento de Geología de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. El cual busca caracterizar y generar una base de datos tanto bibliográfica como cartográfica de los cuerpos de arcillas dispuestos de manera superficial en el país.

La recopilación y ordenamiento de información, es necesaria para el desarrollo de un país. Puesto que esta recopilación servirá de base para aquellas que deseen continuar la línea investigativa en zonas aledañas, motivando así el desarrollo y continuidad del proyecto.

La región de Yay presenta un gran potencial en el aprovechamiento de recursos minerales. Para ello, se deberá analizar la composición mineralógica de los depósitos de arcilla y así determinar el mejor aprovechamiento industrial.

La actividad minera permitiría la generación de nuevos empleos para las comunidades cercanas, estimulando su desarrollo económico y fomentando el enriquecimiento sociocultural gracias a la captación de nuevos trabajadores locales y no locales atraídos por la actividad minera.



## **1.7 ALCANCE**

Este trabajo está enfocado a la generación de un mapa de geología estableciendo la geometría y composición mineralógica de los depósitos de arcilla superficiales en la región de Yay. Los datos generados serán anexados al "Atlas de depósito de arcilla en Venezuela". En este se destacará: la ubicación, composición mineralógica y posibles usos industriales de los cuerpos de arcilla. El desarrollo de un mapa geológico, secciones geológicas y una base de datos con posibles usos industriales. Permitirá a las diferentes empresas públicas o privadas a desarrollar planteamientos prospectivos o extractivos de los depósitos de arcilla encontrados en la zona.

## **1.8 ANTECEDENTES**

INVESTI (1963), lleva a cabo la primera recopilación de información sobre el uso industrial de diversos tipos de arcillas en Venezuela. Tomaron diversas muestras a lo largo del país, las cuales fueron estudiadas mineralógicamente y cartografiadas, por medio de la generación de un mapa geológico regional.

Álvarez (2006), lleva a cabo el estudio neotectónico de la cuenca de El Tocuyo, Quíbor y Yay. Por medio del uso de fotografías aéreas y un período de campo estableció delimitaciones de unidades topográficas, descripción litológica aledañas a la zona de Curigua, mapa estructural de la cuenca de Yay, concluyendo que «El origen de la cuenca de Yay puede estimarse como tipo graben, sin embargo, esta afirmación se fundamenta sólo en los diferentes elementos tectónicos observados en este trabajo y no son determinantes para corroborar esta suposición. Por otro lado, no pudo establecerse por falta de datos, un modelo que explicara la génesis y evolución de las cuencas de Quíbor y El Tocuyo».

Scremin (2019), lleva a cabo estudios para evaluar y caracterizar el comportamiento de arcillas expansivas, con el objetivo de identificar la presencia de montmorillonitas y valorar su tratamiento para su uso en ingeniería. Los estudios incluyeron caracterización física in situ, tratamientos químicos y térmicos, y análisis

físicos y químicos detallados. Los resultados mostraron cambios significativos en las propiedades de las arcillas tratadas, con aumentos en el límite líquido, superficie específica de los coloides y porcentaje de hinchamiento, y la identificación de minerales presentes, con montmorillonita como componente dominante. Aunque se logró activar la fracción coloidal, se encontró la presencia de material inerte que limita la expansión óptima. Esta investigación ofrece recomendaciones para el tratamiento y uso de estas arcillas en aplicaciones de ingeniería, y contribuye a la base de datos nacional sobre suelos expansivos.

Padrón (2021), lleva a cabo la caracterización de las arcillas del estado Aragua. Por medio del estudio de difracción de rayos X, identificó la composición mineralógica de varias especies minerales como: illita, montmorillonita, vermiculita, clorita y caolinita. Según el resultado que obtuvo se recomendaron las posibles aplicaciones industriales, así como recomendaciones para seguir llevando a cabo el estudio de áreas puntuales por sus contenidos en montmorillonita.

Cappuccio (2021), Lleva a cabo la caracterización de las arcillas presentes en el estado Miranda. Por medio del estudio de difracción de rayos X, determinó la presencia de: illita, montmorillonita, vermiculita, clorita y caolinita. Según los resultados que obtuvo se recomendaron las posibles aplicaciones industriales. Estos resultados fueron cartografiados en un mapa 1:100.000 de la región y mapas 1:25.000 de mayor detalle. Finalmente se anexaron los resultados a la base de datos del Atlas de depósito de arcilla en Venezuela.

Teixeria (2023), lleva a cabo la caracterización mineralógica del material arcilloso en la superficie del estado La Guaira. Inicialmente, se realiza una exhaustiva recopilación y análisis bibliográfico que identificó las zonas de La Sabana y Chuspa como áreas con presencia de material arcilloso, además de revisar las unidades geológicas del estado. Posteriormente, procede a la recolección de muestras en 23 zonas siguiendo el Manual de Geoquímica de Muestreo del INGEOMINAS. La tercera

etapa consistió en realizar ensayos de laboratorio, destacando la difracción de rayos X para identificar minerales de arcilla, donde se encontraron illita, caolinita y montmorillonita como principales minerales presentes. Se determinó que la formación de minerales de arcilla está influenciada por sedimentos de Terreno Las Mercedes y Formación La Playita, así como por el Complejo San Julián y Aungengneis de Peña de Mora. La illita fue el mineral predominante en la zona. Finalmente, se generó una base de datos cartográfica con 13 mapas geológicos detallados, un mapa general a mayor escala, y un proyecto GIS que incluye información vectorial y tabla de atributos, junto con una base de datos en Excel que recopila descripciones, anexos y difractogramas obtenidos en el laboratorio. Estos resultados y datos recopilados proporcionan una sólida base para futuras investigaciones y planificación en la región de La Guaira.

## **2 CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 BASES CONCEPTUALES**

#### **2.1.1 Arcilla**

Según García & Suárez (2003), exponen que término arcilla se usa habitualmente con diferentes significados:

- Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades fisico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 2 mm).
- Desde el punto de vista petrológico la arcilla es una roca sedimentaria, en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos "no consolidados" con un tamaño de grano inferior a 1/256 mm.
- Para un ceramista una arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica. Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.

#### **2.1.2 Filosilicatos**

Grande (2000), expone que los filosilicatos (del griego phillon, hoja) son minerales hidratados que contienen una gran proporción de iones (OH), los cuales cristalizan a temperaturas más bajas que aquellas a las que los anfíboles y su estructura se encuentra dispuesta en forma de hojas.

### 2.1.3 Clasificación Filosilicatos

Según García & Suárez (2003), exponen que «Los filosilicatos se clasifican atendiendo a que sean bilaminares o trilaminares y dioctaédricos o trioctaédricos. Como puede verse pertenecen a los filosilicatos grupos de minerales tan importantes como las micas y las arcillas (p.7)».

Tabla 2.1 Clasificación de Filosilicatos Asociados con Arcillas

Tipo de Capa	Grupo ( $\underline{x}$ = Carga de unidad por fórmula)	Subgrupo	Minerales
1:01	Caolinita – Serpentina $\underline{x} \sim 0$	Caolinita	Caolinita, dicktita, Halloysita
		Serpentina	Crisotilo, lizardita, amesia
2:01	Pirofilita – Talco $\underline{x} \sim 0$	Pirofilita	Pirofilita
		Talco	Talco
	Esmectita $\underline{x} \sim 0.2 - 0.6$	Esmectita dioctaédrica	Montmorillonita, beidellita
		Esmectita Trioctaédrica	Saponita, hectorita, Sauconita
	Vermiculita $\underline{x} \sim 0.2 - 0.6$	Vermiculita Dioctaédrica	Vermiculita dioctaédrica
		Vermiculita Trioctaédrica	Vermiculita trioctaédrica
	Mica # $\underline{x} \sim 1$	Mica Dioctaédrica	Moscovita, paragonita
		Mica Trioctaédrica	Flogopita, biotita, lepidolita
	Mica Frágil $\underline{x} \sim 2$	Mica frágil dioctaédrica	Margarita
		Mica frágil trioctaédrica	Clintonita, anandita
Clorita $\underline{x} \sim$ variable	Clorita dioctaédrica	Donbasita	
	Clorita di/trioctaédrica	Cokeita, sudoita	
	Clorita trioctaédrica	Clinocloro, chamosita, nimita	

*Tabla traducida de BAILEY & CHAIRMAN (1980). Anexan que el estado de la illita, sericita y otros debe ser dejado abierto, debido a su capacidad de encontrarse interstratificados.*

### 2.1.4 Horizontes de Suelo

Según Herrera (2018), se entiende como horizonte de suelo a la «Capa de suelo que puede diferenciarse de las capas adyacentes por sus características físicas como estructura, color y textura, o por su composición química, incluida el contenido de materia orgánica, o el grado de acidez o alcalinidad. Los horizontes de suelo son

designados normalmente con una letra mayúscula, acompañado, o no, con un número (horizonte A, horizonte A2) (p. 6)».

### **2.1.5 Horizonte A**

Según Herrera (2018), se entiende como horizonte A de suelo a la «Capa superior del perfil de suelo de la cual han sido removidos por lixiviación los coloides inorgánicos y otros materiales solubles; normalmente contiene restos de materia orgánica (raíces y fauna) (p. 6)».

### **2.1.6 Horizonte B**

Según Herrera S. (2018), se entiende como horizonte B de suelo a la «Capa del suelo en la que se acumula el material lixiviado desde el horizonte A, este consta principalmente por material arcilloso, óxidos e hidróxidos y demás compuestos inorgánicos (p. 6)».

### **2.1.7 Horizonte C**

Según Herrera S. (2018), se entiende como horizonte C de suelo a el «material parental casi inalterado a partir del cual se ha desarrollado el perfil de suelo suprayacente, este a su vez suprayase la roca madre en caso de los suelos autóctonos, y se diferencia principalmente por su estado de mayor fracturamiento (p. 7)».

### **2.1.8 Difracción de Rayos X (DRX)**

Grande (2000), expone que la difracción de rayos X (DRX) es una técnica de caracterización básica de todo tipo de material con estructura cristalina, que permite identificar la disposición geométrica de los átomos y la clase de átomos presentes en una sustancia cristalina. Los rayos X se difractan siguiendo las mismas leyes que los rayos de luz al atravesar una rejilla, pero la escala a la que ocurre el fenómeno en los rayos X es miles de veces menor que la escala a la que ocurre en la luz visible.

### 2.1.9 Clasificación de Arcillas Según su Uso Industrial

Según Sharager & Marinshaw (1994). Se pueden clasificar las arcillas de uso industrial de según lo expuesto en la tabla 3.2.

Tabla 2.2 Clasificación de Arcillas Según su Uso Industrial

Depósitos	Descripción
<i>Arcillas Caoliniticas</i>	Son arcillas blancas y finas de origen sedimentario. Es conocido por su baja plasticidad y su alta resistencia al calor. Se utiliza principalmente en la fabricación de papel, cerámica, productos cosméticos y productos farmacéuticos.
<i>Arcillas Bentónicas</i>	Son arcillas de origen volcánico que tiene propiedades de expansión y retención de agua. Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales, incluyendo la perforación de pozos petroleros, la fundición de metales, la agricultura y la industria del papel.
<i>Arcilla Bola (Ball Clay)</i>	Son arcillas altamente plástica y pegajosa. Se utilizan en la industria cerámica para mejorar la plasticidad de las arcillas y aumentar la resistencia y durabilidad de los productos cerámicos.
<i>Arcillas Refractarias (Fire Clay)</i>	Son arcillas que puede resistir altas temperaturas sin perder sus propiedades. Se utilizan en la fabricación de ladrillos refractarios, cemento refractario y otros materiales resistentes al calor.
<i>Arcillas Absorbentes (Fuller's Earth)</i>	Son arcillas absorbentes que se utiliza en la industria del petróleo y del cuidado del cabello. Tiene la capacidad de absorber aceites y otras sustancias, haciéndola útil en la purificación de aceites y en la fabricación de productos de belleza.
<i>Arcilla Común</i>	Son arcillas de uso generalizado en la industria de la construcción y cerámica. Estas arcillas suelen tener una plasticidad moderada y se utilizan en la fabricación de ladrillos, tejas, baldosas y otros productos cerámicos.

*El material de esta tabla fue traducido y parcialmente modificado de Sharager & Marinshaw (1994).*

## **2.2 GEOLOGÍA REGIONAL**

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca que la Formación El Pegón fue descrita originalmente por Bushman (1959), designando una secuencia de aluviones pobremente consolidados, expuestos en el área de Yaritagua, estado Yaracuy. Jefferson (1964) extendió el uso, en sustitución del nombre Guamacire, describió la unidad en la región de Quíbor-Sanare (estado Lara), indicando que yace en discordancia sobre la Formación Trujillo (Formación Morán). Bushman (1965), describió la formación en más detalle, mencionando algunos fósiles no-diagnósticos, una edad miocena (?) o pliocena (?), y la equivalencia parcial con la Formación Guamacire. Campos *et al.* (1977 y 1979), mencionan la formación en la región Sanare-Cabudare, estado Lara. Stephan (1977; 1982), menciona a la Formación "El Pegón o Guamacire" al este de El Tocuyo. Aguasuelos (1990, en Kiser 1997), siguen a Campos *et al.* (1977, 1979), en el uso del nombre en el flanco sureste de los Andes, y lo extienden, incluso, a la Depresión de Guarúmen.

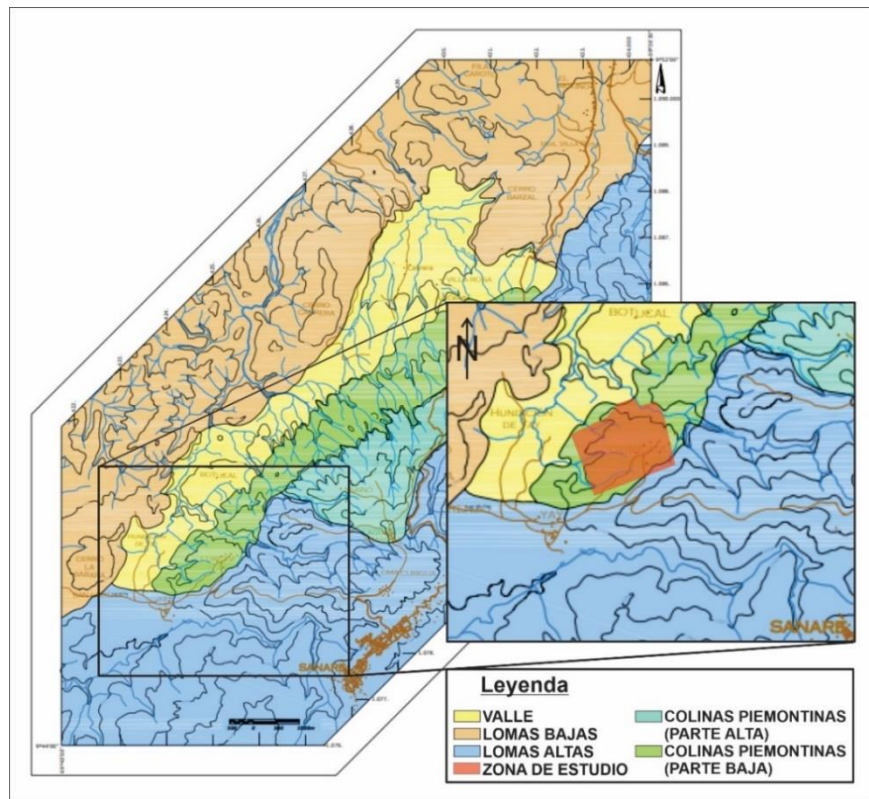
### **2.2.1 Localidad Tipo**

Quebrada El Pegón, en el flanco oeste del cerro Alto, al noreste de Yaritagua, distrito Yaritagua, estado Yaracuy. (En la segunda edición del L.E.V., 1970, la localidad fue asignada erróneamente al estado Lara).

### **2.2.2 Descripción Topográfica**

La zona de Curigua fue descrita por Álvarez (2006), como colinas piemontinas las cuales «Presentan desniveles topográficos de hasta 60 metros, constituye las zonas elevadas en donde se encuentra la vía Quíbor-Sanare hasta la altura de Laguna Amarilla, además de un área de “transición” entre las zonas altas al sureste y el valle de Yay propiamente dicho. El drenaje se entalla con pendientes intermedias a elevadas, tal como en la quebrada Curigua, incrementándose hacia el noroeste, en donde la incisión en los valles es tan pronunciada que le da un cierto aspecto “amesetado” a la topografía».





*Figura 2.1 Unidades Topográficas Definidas en la cuenca Yay (modificado). Recuperada de Álvarez (2006) Modificada. Se observa en el área remarcada en rojo la distribución de la zona de trabajo. Categorizando la misma como Colinas Piemontinas (parte Baja).*

### **2.2.3 Descripción Litológica**

En la descripción original, Bushman (1965), indica que la formación está compuesta por gravas pobremente consolidadas y mal escogidas, con cantos de hasta 25 cm de diámetro, compuestos por fragmentos de cuarzo, esquistos cuarzo-sericíticos y calizas. Presentan cierta estratificación, y al meteorizar toman un aspecto amarillo a anaranjado. Junto a las gravas se presentan bolsillos de arena amarilla. El endurecimiento de las gravas se debe a cemento calcáreo. En el área Quíbor-Sanare, Jefferson (1964), indica que la Formación El Pegón consiste en gravas de color blanco, marrón y marrón amarillento, con peñones y guijarros de cuarzo blanco, ftanita y arenisca, las cuales se presentan en capas gruesas o lenticulares. Interestratificadas con las gravas, se observan capas gruesas y lentes de arenas arcillosas, friables, de color blanco a marrón claro y arcillas de color gris claro a gris azulado, con tintes de marrón.

En la zona de la mina Curigua, se encuentran capas lenticulares de carbón. Para Campos et al. (1977), en el área al noroeste de Acarigua, la formación se compone de gravas, limolitas y lutitas varicoloreadas, con ocasionales margas gris azulosas. Además de los lignitos, Stephan (1982), nota la presencia de lentes delgados de yeso.

Álvarez (2006), describió tres puntos de interés ubicados en la figura 3.2 En estos se levantó una columna estratigráfica y reportaron las siguientes litologías.

Tabla 2.3 Resumen Descripciones Litológicas M1-M10-M14

Punto	Norte	Este	Descripción Litológica
M1	1079237.03	424151.37	La secuencia sedimentaria en la estación se conforma de base a tope: una intercalación de arenisca limosa y conglomerado arenoso, de 4 y 2 metros de espesor respectivamente, con un espesor total de la secuencia de 10 metros; a continuación se tiene una arcilita limosa de 8 metros de espesor, en donde eventualmente se encuentran intercaladas delgadas capas de 20 centímetros de espesor de lodolita de color fresco marrón oscuro, con contenido de azufre y yeso; por encima se tiene una limolita arenosa de 5 metros de espesor y una arcilita de color fresco marrón claro, con estratificación paralela y un espesor de 2 metros; le sigue una arenisca limosa de 4 metros de espesor seguida de una limolita arenosa con color fresco y meteorizado gris y oxidación rojiza de 2 metros de espesor; más adelante se tiene una limolita de color meteorizado amarillo ocre de 5 metros de espesor. Más hacia el tope se presenta una intercalación de 20 metros de espesor de esta última litología con otra similar, pero de color meteorizado gris, y

			además intercaladas con conglomerados de matriz arenosa, clastos discoidales y bien escogidos con espesores promedios de 1 metro, con contactos erosivos. Por último, se tiene una arenisca limosa con 20 metros de espeso
M10	1079880.2	425208.1	La secuencia sedimentaria en la estación consiste de base a tope en: Una lutita de color fresco gris oscuro y color meteorizado gris azulado, la cual se interdigita con una lutita de color fresco marrón oscuro y color meteorizado marrón chocolate. Encima de esta secuencia se encuentra una arenisca de grano grueso con 0,5 metros de espesor, poco consolidada, de color fresco gris claro y color meteorizado amarillo ocre con manchas de oxidaciones anaranjadas. Por último, se observa una limolita de 0,8 metros de espesor, con color fresco gris claro con manchas rosadas, y color meteorizado amarillo ocre claro.
M14	1079863.3	424421.7	En esta estación rocas metamórficas alteradas sobrecorren una secuencia sedimentaria infrayacente. La primera litología se compone de un esquistos cuarzo-micáceo de color marrón con tonos rojizos, mientras que la parte sedimentaria la constituye una limolita de color fresco gris y color meteorizado amarillo ocre

*Las coordenadas inicialmente fueron reportadas de forma longitudinal las cuales se llevaron al Sistema de Coordenadas REGVEN UTM 19N EPSG:2202.*

#### **2.2.4 Espesor**

En la localidad tipo, la formación tiene unos 100 m de espesor. En el área Quíbor-Sanare, Jefferson (1964), indica "... más de 100 m" de espesor estimado.

Campos *et al.*, (1979), dan la misma cifra. Al sur de La Piedad, la formación tiene 60 m de espesor, y al noroeste de Acarigua, un espesor promedio de 150 m.

### **2.2.5 Extensión Geográfica**

La formación aflora en la región entre las quebradas Grande y El Pegón, al norte de Yaritagua, entre esta población y Barquisimeto, del lado norte de la carretera, en aisladas áreas al sur de La Piedad entre la carretera de Acarigua y la quebrada Seca, y en la quebrada Baramis de la misma. Al suroeste, entre Quíbor y Sanare, los afloramientos abarcan una franja de unos 13 km de largo, en sentido SO-NE, por 3 de ancho, (Jefferson, 1964). Campos *et al.*, (1979), la describen en la carretera Sanare-Cabudare, consideran además que la formación se extiende desde el área de Ospino hasta la carretera Acarigua-Barquisimeto. La Formación El Pegón o Guamacire de Stephan (1977; 1982) está limitada al semi-graben Yay-El Yeso, al este de El Tocuyo y al sur de Quíbor.

### **2.2.6 Contactos**

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca que en la localidad tipo, la formación yace en discordancia angular sobre las rocas metamórficas de las formaciones Mamey y Aroa. En la región Quíbor-Sanare, yace discordantemente sobre la Formación Morán (Jefferson, 1964.). En la región Sanare-Cabudare, está en discordancia sobre la Formación Mamey, y está cubierta con terrazas más jóvenes o con aluviones (Campos *et al.*, 1979). Al noroeste de Acarigua, la formación está limitada al norte por un contacto de falla con la Formación Río Guache; al sur, está cubierta por terrazas y aluviones.

### **2.2.7 Fósiles**

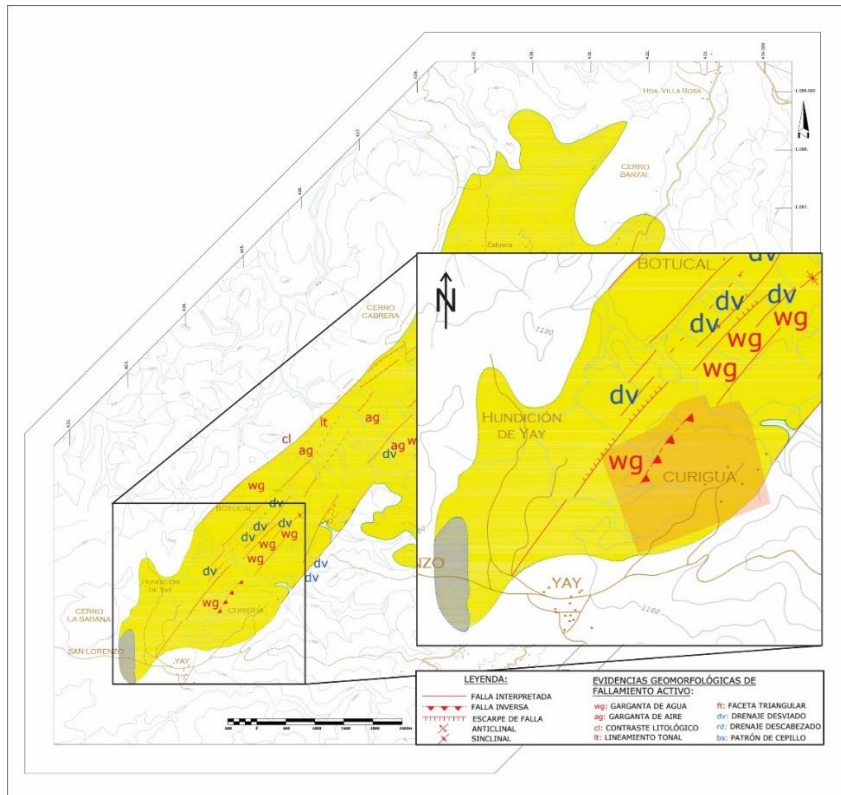
El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca que no se han encontrado fósiles en la sección tipo. Bushman (1965), encontró ostrácodos mal preservados en la quebrada La Quinta, cerca de Yaritagua. Odreman y Medina (1985), mencionan el foraminífero planctónico, *Globorotalia fohsi fohsi*, encontrado entre los dientes del

Cetáceo (Odontoceti) en la quebrada El Abra, cerca de El Tocuyo, en la Formación Guamacire (¿equivalente a la Formación El Pegón?).

### **2.2.8 Marco Estructural**

Álvarez P. (2006), Estudio la neotectónica existente de la cuenca de Yay y aledañas exponiendo.

«En el sector sur de la cuenca, entre Curigua y Sainó, se observan diversas evidencias locales, tanto de anomalías de drenaje como otras evidencias. Se identificaron al menos cinco drenajes desviados (dv), todos con desplazamiento dextral a lo largo de una tendencia N45°E. Se observan al menos cinco gargantas de agua (wg, *water gap*) formadas por quebradas que corren desde el sureste hacia el noroeste. Se observa además una garganta de aire (ag, *wind gap*) al noroeste de este sector. Se tienen seis escarpes de falla alineados N45°E aproximadamente, cuatro de ellos expuestos al norte y ubicados en posición axial del valle en este sector, otro un poco más al norte y expuesto al sur, y el último se ubica en el límite norte de la cuenca en esta sección, expuesto también al sur. Por último, el límite noroeste se conforma por un lineamiento y un contraste tonal, lo que sugiere un contacto de falla para los sedimentos de la Formación El Pegón y el basamento pre-Mioceno en este sector»



*Figura 2.2 Mapa Estructural Cuenca Yay (modificado). Recuperado de Álvarez (2006) y modificado. Se observa en el área remarcada en rojo la distribución de estructuras en la zona de estudio, siendo la más resaltante la interpretación de un fallamiento*

### 2.2.9 Edad

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca que Bushman (1965) considera que la formación puede ser de edad Mioceno o Plioceno, por correlación con la Formación Guamacire. Odreman y Medina (1985), asignan los fósiles mencionados arriba al Mioceno; Campos *et al.* (1979) y Stephan (1982), consideran que El Pegón pertenece al Mioceno Tardío o al Plioceno. Si la correlación con la Formación Guamacire es válida, la Formación El Pegón pertenece al Mioceno Medio, sub zonas N-10 y N-11 de la Zona G.

### 2.2.10 Correlación

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca que la Formación El Pegón correlaciona con la Formación Guamacire (Bushman, 1965.). Jefferson (1964),

sugiere que se puede correlacionar con las formaciones Betijoque y/o Isnotú, del estado Trujillo. Bellizzia y González (1968), postulan la equivalencia de la Formación Maporita descrita en el área de Morón, estado Carabobo, con la Formación El Pegón. Stephan (1977; 1982), habla de la Formación "El Pegón-Guamacire", sin diferenciación. Campos (1977), plantean la posibilidad de una equivalencia entre El Pegón y la combinada Parángula-Río Yuca, y Campos et al. (1979), correlacionan El Pegón solamente con la Formación Río Yuca, que aflora al oeste del río Acarigua, estado Portuguesa. Kiser (1997 comentarios enviados al CIEN) opina que El Pegón y Guamacire pudiesen correlacionarse, tanto crono como estratigráficamente, al lado norte de la Falla de Boconó y, en la misma manera, El Pegón y Río Yuca pudiesen correlacionarse por el flanco sureste de los Andes; sin embargo, aunque sean cronológicamente equivalentes, parece arriesgado postular una continuidad sedimentaria desde el flanco sureste de los Andes hasta el lado norte de la Falla Boconó, dada la historia tectónica de la región. La antigüedad de Parángula prescribe la posibilidad de una equivalencia con El Pegón. Sería preferible no usar el nombre "El Pegón" en ambos flancos de los Andes, sin antes comprobar su continuidad estratigráfica original. En vista de los anteriores comentarios y con los datos publicados, es imposible determinar si las dos "formaciones" pertenecen al mismo ambiente y al mismo ciclo sedimentario. Por lo tanto, está en duda su equivalencia e, incluso, su validez. El suscrito recomienda que, mientras no se aclaran las relaciones estratigráficas entre ambas "formaciones", se considera "válido" el nombre "Guamacire" por haber aparecido en Bushman (1959), antes de la descripción de su "Formación El Pegón", quedando, así como "informal" el uso de este último nombre.

### **2.2.11 Paleoambientes**

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999), destaca según Jefferson (1964), los sedimentos de la Formación El Pegón representan una molasa post-orogénica. La presencia de lignitos y arcillas, sugieren un ambiente paludal asociado con episodios de sedimentación torrencial, evidenciados por los conglomerados y gravas. Campos (1977), interpretan un ambiente continental de la zona piemontina con ocasionales

incursiones marinas sugeridas por las margas. Stephan (1982), interpreta a estos sedimentos como evidencia de un golfo marino que se extendió al suroeste desde la Cuenca Bonaire hasta la depresión tectónica a lo largo de la Falla Boconó.



### 3 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Se establecieron cuatro fases de trabajo para procurar un desarrollo sostenido y secuencial del mismo, garantizando el alcance de todos los objetivos demarcados.



Figura 3.1 Flujograma Metodológico del Proyecto. En este se resaltan las fases necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

#### 3.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA Y PLANTEAMIENTO PRECAMPO

Programas a utilizar: ArcGIS PRO 3.0, QGIS 3.30.2, Google Earth Pro, Excel 2019 y CorelDraw 2021.

##### 3.1.1 Recopilación Bibliográfica y Cartográfica

Durante esta etapa se buscó y categorizó la información y material recopilado. Destacando material de interés directo sobre el trabajo a desarrollar. Por lo que se adquirieron trabajos especiales de grado, boletines científicos y académicos. Estos fueron sujetos a una revisión de su contenido, determinando así el aporte que pueden ofrecer para el desarrollo del proyecto.

### 3.1.1.1 Estudio Cartográfico

La zona fue estudiada utilizando de la carta topográfica 6245 – II – NO, imágenes Google Satélite y Google Terrain Hybrid. Esta carta será georreferenciada en el software QGIS empleando el CRS (Coordinate Reference System) REDVEN/UTM Zone 19N EPSG:2202.

### 3.1.2 Precampo

Para llevar a cabo un estudio de campo se siguió el siguiente cronograma y presupuesto aproximado.

- Día 1. Llegada al campamento base, reconocimiento superficial de la zona de estudio, preparación y alistamiento del equipo de campo.
- Día 2. Se realizó un reconocimiento general de la zona y el levantamiento de las quebradas encontradas en la zona de estudio véase la figura 2.1.
- Día 3 al día 9. Se recorrió toda el área de estudio muestreando y delimitando los cuerpos de arcilla presentes.
- Día 10. Retorno.

Tabla 3.1 Presupuesto Estimado para el Trabajo de Campo

	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Hidratación	6 botellones de agua	4	24
Desayuno	10 días	5	50
Almuerzo	10 días	6	60
Cena	10 días	6	60
Gasolina	2 tanques de gasolina	35	70
Hospedaje	10 días	-	80
Material de Campo	1	15	15
			359

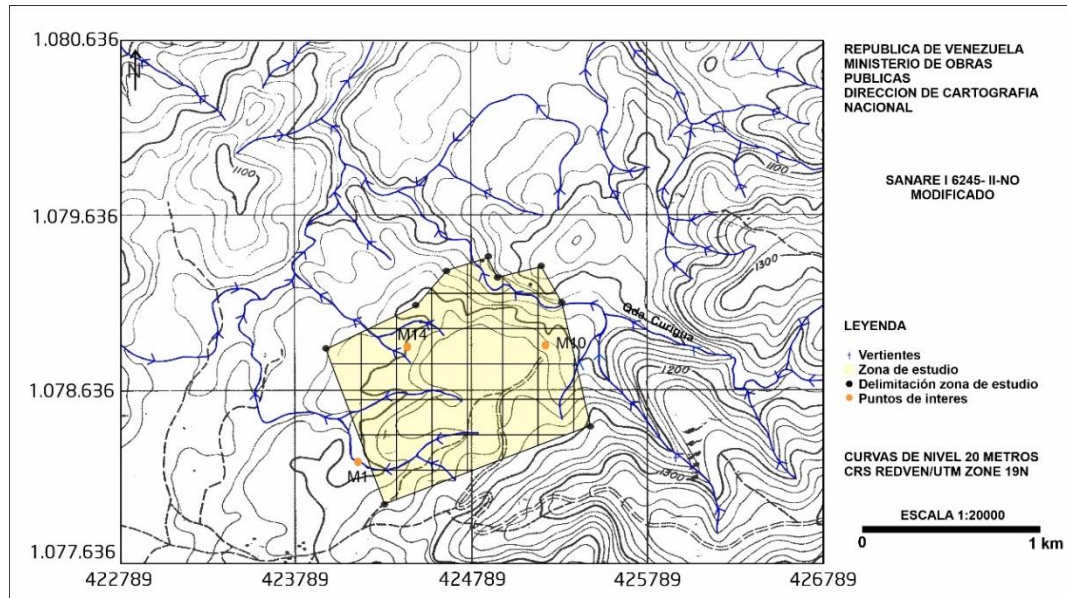


Figura 3.2 Mapa Pre-campo Sanare 1. Mapa Topográfico Sanare I 6245 Modificado. En este mapa se puede observar la distribución del mallado el cual se fundamenta en una cuadrícula de 200 metros cuadrados, a su vez fueron resaltados puntos de interés M1, M10 y M14.

### 3.2 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

Programas a utilizar: ArcGIS PRO 3.0, QGIS 3.30.2, Google Earth Pro y UTM Geo Map.

Se utilizaron los materiales recopilados y generados como insumos fundamentales para la seleccionando las zonas más propicias de muestreo, teniendo en cuenta el mallado expuesto en la figura 2.2. Se tomarán muestras en los cuerpos de arcillas presentes en la zona.

#### 3.2.1 Equipos y Materiales (Herrera S., Guijarro G. y Duque T. 2018)

- Martillo de Geólogo.
- Brújula Brunton.
- GPS.
- Navaja.
- Lupa 30x.
- HCL diluido al 10 %.

- Mapas topográficos impresos.
- Croquis de la zona.
- Libreta de campo.
- Tabla de Color Munsell.
- Bolsas plásticas de polietileno transparente de alta densidad (calibre 4 o 5) con capacidad para 3 kg de muestra (30 x 50 cm).
  - Guantes desechables (usar un par para cada muestra).
  - Palas y recipientes de plástico (libres de pinturas o de recubrimientos que puedan contaminar la muestra con metales).
    - Chícora de acero.
    - Costal de fibra sintética para realizar el cuarteo.
    - Marcadores de tinta indeleble (preferiblemente de color negro).
    - Cinta para enmascarar ancha de 5 cm (2,5 pulgadas).
    - Cinta transparente ancha de 5 cm (2,5 pulgadas).
    - Morral para transporte de muestras.
    - Cinta métrica.
    - Balanza de campo.

### **3.2.2 Metodología de Muestreo**

Se tomaron muestras representativas respetando lo establecido en el segmento 2.1.2 cumpliendo el mallado teórico demarcado en la figura 3.2, se describió y tomó muestras en los cuerpos de arcilla observados en el área.

Siguiendo el procedimiento establecido por Herrera S. Guijarro G. Duque T. (2018), se aplicó la siguiente metodología para la toma de muestras.

#### **3.2.2.1 Muestreo en canal en talud expuesto (afloramiento)**

Preparación del sitio de muestreo.

- Retiré la vegetación y reservar la materia orgánica superficial de forma tal que pueda ser restaurada a su posición inicial luego de tomar la muestra.

- Removí el material transportado, friable e intemperado.
- Construí sobre el talud expuesto un canal de 10 centímetros de profundidad y 20 centímetros de ancho, iniciando de arriba hacia abajo con el fin de evitar contaminación por material transportado o intemperado. En caso de capas basculadas, el canal debe construirse de manera perpendicular a la estratificación.
- Coloqué en la base del canal una lona o costal de tamaño suficiente para capturar los tajos provenientes del muestreo.

Procedimiento: El muestreo fue realizado de abajo hacia arriba de manera sistemática, de forma tal que el pico o pala, arranque el material con espaciados de 2 centímetros, cada recolección debe mantener una profundidad de 1 o 2 centímetros dependiendo de la competencia del material.

Luego de tomada la muestra la zona será identificada y el material sobrante devuelto a la zona afectada. De igual forma la cobertura vegetal luego de su remoción fue colocada en su estancia inicial.

### **3.2.2.2 Muestreo en trinchera o calicata**

Preparación del sitio de muestreo

- Retiré la vegetación y reservar la materia orgánica superficial de forma tal que pueda ser restaurada a su posición inicial luego de tomar la muestra.
- Construí una abertura de 1 metro ancho, 0.8 metros de largo y 2 metros de profundidad máxima. De encontrarse agua en el mismo o la roca parental se tomará dicho contacto como nivel de mayor profundidad

Se procede a ver efecto si: la profundidad alcanzada es de 60 centímetros (debido al nivel freático o contacto con el horizonte C), la muestra más profunda se debe tomar a una profundidad tal que el horizonte pueda identificarse como horizonte B-C o C. Las condiciones existentes en la toma de la muestra deberán de ser reportadas.

De no cumplir con las características mencionadas se seleccionará otro punto de muestreo.

Luego de expuesto los perfiles en la calicata se ubicará el perfil mejor expuesto para recolectar la muestra de abajo hacia arriba, esta será fraccionada por canales o tajos escalonados. con espaciados de 2 centímetros, cada recolección debe mantener una profundidad de 1 o 2 centímetros dependiendo de la competencia del material. De ser un material muy competente se tomará con martillo y cincel.

Se identificará la muestra y el material sobrante devuelto a la zona afectada. De igual forma de existir cobertura vegetal luego de su remoción será colocada en su estancia inicial.

### **3.2.3 Descripción de Muestras**

Se describieron las muestras en campo según lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 3.2 Metodología de Descripción de Muestras

A Reportar	Descripción
Color fresco	Se reporta el color percibido luego de removido el material orgánico y meteorizado.
Color meteorizado	Se reporta el color percibido en las áreas de mayor meteorización de la muestra.
Contenido Orgánico	Se reportará dependiendo de la presencia observada (bajo, medio, alto)
Estructura del Suelo	Se reportará los patrones de comportamiento que se observen en la estructura del suelo (fibroso, columnar, laminar, granular, disgregado, cubico, masivo, entre otros)
Humedad	Se reportará la cantidad de humedad presente en la muestra (muy húmedo, húmedo, poco húmedo o seco)

Plasticidad	Se reportará el comportamiento de la muestra tras ser sujeta a una prueba de cordón (no plástico, ligeramente plástico, plástico, muy plástico)
Textura	Se reportará la textura que presenta la muestra (arenoso, franco arenoso, franca, franco limoso, limoso, franco arcilloso, limo-arcilloso, areno arcilloso, arcillo limoso, arcilloso)

### 3.2.4 Identificación de Muestras en Campo

En la libreta de campo se demarcó el código de la muestra, coordenadas GPS, tipo de muestreo, dimensiones aproximadas y descripción del material recuperado, tomando fotografías con escala de las zonas donde se tomaron las muestras y se identificaron siguiendo los parámetros establecidos en la tabla a continuación.

Tabla 3.3 Identificación de Muestras en Campo

Recuperada Por	Número de Estación	Identificador en base de Datos
AG	01	AG-01
AG	02	AG-02

### 3.2.5 Cuarteo en Lona (AASHTO 2014)

- Coloque la muestra sobre la lona.
- Mezcle el material a fondo al menos cuatro veces tirando de cada esquina de la lona horizontalmente sobre la muestra hacia la esquina opuesta. Después de la última vuelta, formé un montón cónico.
- Aplane el montón cónico hasta obtener un grosor y diámetro uniformes presionando con una pala. El diámetro debe ser de cuatro a ocho veces el grosor.
- Dividí el montón aplanado en cuatro partes aproximadamente iguales con una pala, insertando un palo o tubo debajo de la lona y en el centro del montón, levaté ambos extremos del palo para dividir la muestra en dos partes aproximadamente iguales. Retire la vara dejando un pliegue de la lona entre las

porciones divididas. Inserte la vara debajo del centro del montón en ángulo recto a la primera división y levante nuevamente ambos extremos del palo para dividir la muestra en cuatro partes aproximadamente iguales.

- Retiré dos cuartos opuestos en diagonal, teniendo cuidado de limpiar los finos de la lona.
- Mezclé y se dividió sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño deseado.
- La muestra final de prueba consiste en dos cuartos opuestos en diagonal.

### **3.2.6 Empaquetamiento de las Muestras**

El sellado de la bolsa es recomendable hacerlo con clip de bolsa, con una abrazadera o en su defecto con cinta transparente, asegurándose que la mayor cantidad de aire dentro de la bolsa haya sido extraída, luego torcer la boca de la bolsa y pegarlo con cinta al cuerpo de la misma.

Una vez la muestra fue empacada y sellada, se colocó dentro de otra bolsa del mismo tamaño y calibre, con el objetivo de evitar perforaciones o rasgaduras en la primera bolsa.

## **3.3 PROCESAMIENTO EN LABORATORIO**

Las muestras obtenidas en la etapa de campo se procesaron y montaron las muestras siguiendo los parámetros establecidos por Fournier (1999).

### **3.3.1 Materiales a Utilizar (Fournier 1999)**

Equipos analíticos.

- Difractómetro Philips Generador de rayos x: PW 1130/96 y Difractor LANScientific
- Goniómetro modelo “step scanning”: PW 3020
- Detector de rayos x: PW 1711/90



- PC 486, 8 Mb de RAM, con el programa APD (“Automated Powder Diffraction”), código PW 1877, versión 3.5B (1 de abril de 1992).



*Figura 3.3 A. Equipo PW 1130/96, B. Equipo LANScientific*

#### Utensilios de Preparación de Muestra

- Morteros de ágata, carburo de tungsteno y porcelana
- Porta muestras de aluminio especiales para difracción
- Porta muestras de vidrio de 2 × 3 cm
- Espátula
- Filtros redondos Sartorius de 1,2 micras × 47 mm de nitrato de celulosa
- Filtros redondos Sartorius tipo SM 27 × 47 mm
- Papel antiaderente Schleicher & Schuell, tipo: B - 2
- Termómetro
- Beakers
- Pirex de 50 ml
- Kitasato
- Pirex de 500 ml
- Sistema de vacío (vaso graduado, portamembranas de 47 mm y bomba de mano) Gelman Sciences Inc.
- Bomba de vacío

- Removedores de vidrio
- Vidrios esmerilados de  $2 \times 2$  cm
- Horno Blue M Electric Company, modelo: OV-12A
- Horno Thermolyne, modelo: F-A1730
- Cacerola Pyrex con plataforma para el tratamiento con ethilen glicol

Equipos de preparación química

- Baño de María. Lauda - Thermostat, modelo: NB- S15/12
- Ultrasonido Branson, modelo: 2210
- Equipo de destilación de agua
- Balanza electrónica Mettler, modelo PE.3000
- Medidor de pH
- Centrífuga. International Equipment Company, modelo: 2-K con capacidad para 12 botellas.

La centrífuga fue calibrada según la Ley de Stokes la cual es:

$$VT = g(dp - dl)D^2 / 18\eta$$

donde VT = velocidad

g = es la fuerza de gravedad en  $\text{cm/s}^2$

dp - dl = es la diferencia de densidad entre la partícula y el líquido

D = diámetro de la partícula en cm y

$\eta$  = viscosidad del líquido

La velocidad VT puede ser expresada como  $V = h/t$ , donde h = es distancia en cm y t = tiempo en s. De esta manera la ecuación anterior se puede escribir como:

$$t = 18\eta h / g(dp - dl)D^2$$

Esta última ecuación describe como una partícula se decanta en una solución desde una altura  $h$  (en cm) en un tiempo  $t$  (en s). La misma ley puede ser aplicada en una centrífuga excepto que la fuerza de gravedad se incrementa con la velocidad y el radio de la centrífuga.

### **3.3.2 Secado al Aire libre**

Las muestras seleccionadas para llevar a cabo un estudio de Difracción de Rayos X (DRX) se transfirieron a un recipiente plástico. El ambiente donde estas reposaron se encontraba con un flujo de aire indirecto y protegidas de los elementos.

### **3.3.3 Identificación de Muestras en Laboratorio**

Para realizar el ensayo las muestras serán identificadas siguiendo los parámetros establecidos en la fase de campo, a dicho parámetro se le agregara un sufijo en minúscula que hará referencia al tipo de estudio que se le llevara a cabo.

Tabla 3.4 Identificación de Muestras en Laboratorio

Muestra	Tipo de Ensayo	Tipo de Ensayo	Identificador en base de Datos
AG - 01	Roca Total	rt	AG – 01t
AG - 01	Orientada	ot	AG – 01
AG - 01	Orientada y calcinada 400 °C	oc	AG – 01oc
AG - 01	Orientada y calcinada 500 °C	oq	AG – 01oq
AG - 01	Orientada y tratada con Ethilen glicol	oe	AG – 01oe

### **3.3.4 Ensayo Roca Total (Fournier 1999)**

Estos ensayos se llevaron a cabo en las muestras recolectadas donde la montura es desorientada, para así identificar la mineralogía total de la roca. Siendo los minerales distinguidos por medio del parámetro  $bo$ .

### **3.3.4.1 Disgregación – Pulverización**

Esto se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Se disgregó la roca inicial utilizando un martillo sobre una placa de hierro.
- A continuación, el pedazo extraído se observó cuidadosamente para encontrar aquellas zonas meteorizadas como manchas de óxidos de hierro o costras tales como sulfatos (yeso o minerales del grupo de la jarosita) y cuarzo.
- Se removieron estas partes con manchas con un cuchillo u hojilla.
- El trozo de roca más fresco se lavó con agua desmineralizada para la remoción de partículas.
- Se disgregó mediante un mortero de ágata o porcelana, obteniendo un polvo fino.
- Se tamizó el polvo por un tamiz de 200 mesh.

### **3.3.5 Identificación de Montura**

El polvo pasante tamiz 200 mesh, (previamente disgregado) se llevó en una placa de aluminio o vidrio esmerilado, escribiendo en la misma el código de la muestra con un lápiz.

### **3.3.6 Montura Orientada**

#### **3.3.6.1 Montura Orientada (Fournier 1999)**

- Se disgregó la roca inicial utilizando un martillo sobre una placa de hierro.
- A continuación, el pedazo extraído se observó cuidadosamente para encontrar aquellas zonas meteorizadas como manchas de óxidos de hierro o costras tales como sulfatos (yeso o minerales del grupo de la jarosita) y cuarzo.
- Con un mortero de ágata o tungsteno se disgregó la muestra, por intervalos aproximados de 30 segundos evitando así inducir un tamaño de grano en la misma.

- Se trasvasaron las muestras a beakers de 50 ml identificados con el nombre de la muestra.
- Se eliminaron los carbonatos con acetato de sodio preparado a pH = 5,1, a cada una de las muestras se vierte un volumen de 40 ml, se agitan con un removedor de vidrio y se disgregan en un ultrasonido por 2 minutos.
- Las muestras se dejaron en reposo en un doble boiler a 80°C por 12 h.
- Las muestras se trasvasaron a los tubos de la centrífuga previamente identificados con el nombre de la muestra y equilibrando su peso con agua destilada.
- Se centrifugaron las muestras a 2000 rpm por espacio de 15 minutos.
- Se vertió el líquido sobrenadante.
- Se eliminó la materia orgánica con agua oxigenada 35%, para ello a cada una de las muestras, se les agrega entre 5 y 10 ml a una temperatura de 60 a 70 °C, se agitan con removedores de vidrio limpios por intervalos de tiempo.
- Se dejaron reposar hasta que cese la reacción, la cual se manifiesta como un burbujeo grueso y violento y con desprendimiento de gas.
- Se añadió agua destilada equilibrando su peso y se centrifuga a 2000 rpm por 15 minutos.
- Se vertió el líquido sobrante.
- Las muestras se trasvasaron a los beakers de 50 ml identificados con el nombre de la muestra y limpios y se lavan los tubos de centrífuga con agua normal y luego con agua destilada.
- Se produjo a la eliminación de los óxidos de hierro de la muestra, para esto se utilizó citrato de sodio preparado a pH = 7,5, a cada muestra se vierte un volumen de 40 ml, la mezcla se agita con un removedor de vidrio y se dispersa en el ultrasonido por 2 minutos.
- Se calentó en un doble boiler hasta que la mezcla alcance los 80°C, esta operación se hizo introduciendo un termómetro hasta el fondo de los beakers y controlar siempre la temperatura de la mezcla.

- Se agregó 1 gr de ditionito de sodio a cada muestra e inmediatamente después se agitó constantemente por espacio de 1 minuto.
- Se dejó reposar 2 minutos por cada muestra, el paso anterior y este se repitió dos veces más.
- Se trasvasaron las muestras en solución a los tubos de centrífuga identificados, limpios y equilibrando su peso con agua destilada.
- Se procedió a “lavar” las muestras, centrifugando a 2000 rpm por 15 minutos.
- Se vertió el líquido sobrenadante.
- Se añadió de nuevo citrato de sodio.
- Se agitó y se dispersó de nuevo por espacio de 2 minutos, para de nuevo centrifugar a 2000 rpm por 15 minutos, esta operación se repitió dos veces más, pero con agua destilada.
- Se procedió a la separación de la fracción  $< 2\mu$  la cual se obtuvo siguiendo la Ley de Stokes que relaciona la temperatura de solución, la altura del menisco, la distancia del menisco al eje de la centrífuga y la cantidad de material. En base al tipo de centrífuga y a las relaciones anteriores en este trabajo se centrifugo a 850 rpm por espacio de 3,3 minutos.

Para asegurar la fracción requerida se aplicó el siguiente método:

- Se agregó a la muestra contenida en el tubo de centrífuga agua destilada y se agita constantemente con un removedor de vidrio.
- Se prepararon dos beakers, A y B de 50 ml, previamente limpios e identificados con el nombre de la muestra.
- Se centrifugó la muestra en el tubo especial de centrífuga equilibrando su peso con agua destilada por espacio de 3,3 minutos y a 850 rpm, el líquido sobrenadante se vertió en el beaker A, esta se realizó con cautela, ya que es posible que el fondo del tubo conteniendo fracciones mayores a la requerida no se encuentre del todo compactado por la centrifugación, para este caso se vertió el líquido sobrante observando siempre el fondo del tubo atento a cambios de

tonalidad en el agua, de ocurrir detiene el vertido del líquido inmediatamente y se vuelve a centrifugar.

- El paso anterior se repitió dos veces más sin desechar el residuo depositado en el fondo del tubo, siempre llenando con agua destilada y agitando con un removedor de vidrio sin dejar grumos en las paredes internas del tubo.
- Se dejó reposar el beaker A por dos (2) minutos.
- Con el líquido sobrenadante del beaker A se procedió a llenar el beaker B, para ello se vertió este en otro tubo de centrifuga limpio.
- Se centrifugó la muestra equilibrando su peso con agua destilada por espacio de 3,3 minutos y a 850 rpm, el líquido sobrenadante se vierte en el beaker B.
- El paso anterior se repitió dos veces más siempre llenando con agua destilada el tubo de centrifuga y agitando con un removedor de vidrio sin dejar grumos.
- Una vez completado esta operación el líquido sobrenadante del beaker B se dejó en reposo por 5 minutos hasta pasar al filtrado.
- Al obtener la fracción  $< 2\mu$  en el beaker B se procedió a filtrar o retener dicha fracción mediante el vacío (el cual se produce por una bomba), usando una membrana o filtro  $< 2\mu$ , un kitasato y un portamembrana. El líquido sobrenadante del beaker B se vertió en el vaso del aparato de filtración y se puso en funcionamiento la bomba de vacío.
- Terminada la filtración de la muestra, se retira el vaso del aparato de filtración y se procede a sacar la membrana con la fracción  $< 2\mu$  retenida, la cual se coloca en el portamuestras de vidrio, teniendo precaución de no dejar burbujas de aire entre el vidrio y la fracción retenida y de no hacer mucha presión con los dedos. A continuación, se deja en reposo hasta que se seque la película arcillosa y se retira con cuidado la membrana.

### **3.3.6.2 Montura Orientada (Según Proyecto y Buenas Prácticas Docentes Básicos 2020-2021 (modificado))**

- Se Molió la muestra en un mortero de porcelana y dispersó en agua durante 24 horas.
- Se agitó la muestra posterior a 24 horas en agua y dejó decantar.
- Se estimó un tiempo para la sedimentación de 2 horas y 30 minutos utilizando la ley de Stokes.
- Se tomó con una inyectora o pipeta la fracción arcilla por decantación.
- Utilizando una pipeta desechable se dispersó de la fracción arcilla en porta muestras de vidrio previamente esmerilado e identificados.
- Se dejó secando los porta muestras en una zona resguardada de particulado externo.

### **3.3.7 Condiciones del Difractómetro de Rayos X y Programas de Corridas**

En todos los casos el generador de rayos X se ajustó a 40 kV y 30 mA utilizando un tubo de Cu. Las condiciones de las corridas y ajustes del goniómetro son los siguientes:

- Cuantificación de la reflexión (060).

- Se utilizó para distinguir entre filosilicatos dioctaédricos y trioctaédricos, ya que la dimensión del parámetro  $b_0$  es muy sensible al tamaño de los cationes y del sitio que ocupan en la red octaédrica que en los parámetros  $a_0$  y  $c_0$ . Por ende, sirve también para la medición del parámetro  $b_0$  de la illita y de la clorita y para determinar el contenido de hierro total en este último mineral.

- Intervalo de barrido  $2\theta$ :  $58,3 - 62,5^\circ$ .
- Tamaño del paso:  $0,005^\circ 2\theta$ .
- Tiempo de conteo en cada paso: 2,5 segundos.
- Velocidad:  $0,002^\circ 2\theta/\text{seg}$ .
- Ranura divergente:  $1^\circ$ .
- Ranura receptora:  $0,1^\circ$ .
- Tiempo de duración: 35 minutos.
- Tipo de montura: desorientada.



- Programa: DIOCTRIOC.IP3.

- Se determinó de la cristalinidad de la illita (CI) y de la cristalinidad de la caolinita y clorita (CCao/CCI) según las recomendaciones hechas por KISCH (1991).

- Sirvió para la distinción de los filosilicatos, para la medición de la CI y CCao/CCI y para determinar el índice de Srodon o grado de expansibilidad.

- Intervalo de barrido  $2\theta$ : 2 - 50°. 23

- Tamaño del paso:  $0,01^\circ 2\theta$ .

- Tiempo de conteo en cada paso: 1 segundo.

- Velocidad:  $0,01^\circ 2\theta/\text{seg}$ .

- Ranura divergente:  $1^\circ$ .

- Ranura receptora:  $0,1^\circ$ .

- Tiempo de duración: 1 hora con 20 minutos.

- Tipo de montura: orientada.

- Programa: STAND.IP3.

### **3.3.8 Superficie Específica – Absorción de Azul de Metileno**

El ensayo de superficie Especifica permite identificar mineralógicamente el componente mayoritario de la arcilla estudiada, cuantificando la capacidad de absorción de azul de metileno que presenta la muestra.

Se siguió el procedimiento expuesto por Scremin (2019), quien destaca lo siguiente, a partir de la norma AFNOR P18-592.

- El azul de metileno utilizado en la solución tiene una concentración de 1g de cloruro de metiltionina por cada 100 ml de agua. La cantidad de solución de azul de metileno consumida por la suspensión de suelo se mide mediante el volumen de solución agregado a la suspensión, que se determina utilizando la bureta de precisión.

- Se prepara una proporción de 10g de suelo seco en 100 ml de agua desionizada, se deja reposar durante un período de entre 15 y 24 horas, se coloca en un agitador de 400rev/min inicialmente por 5 min, luego se añade mediante una bureta de precisión la solución de azul de metileno en dosis regulares de 5cc.
- Tras añadido 5 cc se tomará un agitador se colocará dentro de la solución y soltará una gota en un papel de filtro Whatman #40. Se repetirá este procedimiento hasta que forme un halo color azul alrededor de la gota. Al formarse el halo se esperará 1 min y se confirmará si este se mantiene, de no mantenerse se agregará 2 cc de azul de metileno.

Santana (2020) desarrolla la obtención de la superficie específica de la siguiente manera.

El Valor Azul, representado como "Vb", se obtiene al dividir el volumen de azul de metileno, expresado en cm<sup>3</sup>, utilizado en el ensayo, entre la masa de la muestra, en gramos, bajo la fórmula  $Vb = V \text{ (cm}^3\text{)} / M \text{ (g)}$ .

$$Vb = V/M \text{ Ec. 02}$$

Se calculó la cantidad de Moles (Mo) se aplica.

$$Mo = \frac{Vb}{319.86} \text{ Ec. 03}$$

Se determinó el número de moléculas (N) se utiliza el número de Avogadro.

$$N = 6.02 \times 10^{23} * Mo \text{ Ec. 04}$$

Se sustituyó la ecuación No. 03 en la No. 04

$$N = 6.02 \times 10^{23} * \frac{Vb}{319.86}$$
$$N = 1.8821 \times 10^{21} x Vb \text{ Ec. 05}$$

Para obtener la de Superficie Específica se aplicó la siguiente ecuación.

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 1,3x10^{-20} x Vb \text{ Ec. 06}$$

Al sustituir la Ec. 05 en la Ec. 06 se obtiene:

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 1,3x10^{-20} x 1,8821x10^{21} Vb$$

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 24,47 x Vb \text{ Ec. 07}$$

Para el desarrollo de esta ecuación, se deberán de utilizar 10 gramos de muestra en 100 mililitros de agua destilada (Ver Santana 2020).

Tabla 3.5 Valores Normados de Superficie Especifica Narsilia & Santamaria (2004)

Mineral de Arcilla	Superficie Específica ( $m^2/gr$ )
Limos y Arenas	< 0,1
Caolinita	10-30
Clorita	5-50
Haloisita	30-50
Illita	80-100
Atapulgita	140-170
Paligorskita	100-200
Sepiolita	100-240
Vermiculita	200-400
Montmorillonita Cálcica	300 - 350
Montmorillonita Ferrosa	400-450
Montmorillonita Sódica	700-900

*Tabla de valor típicos de superficie específica tomada de Narsilia & Santamaria (2004)*

### **3.4 POST-LABORATORIO**

Programas a utilizar: ARCGIS, QGIS, Google Earth Pro, CorelDRAW 2021 y X'Pert HighScore.

#### **3.4.1 Análisis de Gráficas DRX**

Para el análisis de los resultados de Difracción de Rayos X (DRX), se empleó el programa X'Pert HighScore, una herramienta especializada en la identificación de fases cristalinas por medio de la interpretación de valores de Score y la cuantificación de fases en muestras por medio del método semi-cuantitativo Razón de Intensidades Relativas (RIR).

#### **3.4.2 Generación de Mapas y Figuras**

Integrando la información obtenida del período de campo y laboratorio. Se interpretó y relacionó toda la información obtenida plasmándolas en tablas y finalmente en un mapa geológico de la zona.

#### **3.4.3 Conclusión**

Finalmente se procedió a elaborar un análisis exhaustivo que incluyó un sumario detallado de los hallazgos, conclusiones fundamentales derivadas de los resultados y análisis obtenidos; recomendaciones claves para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas.

## 4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 TRABAJO DE CAMPO

#### 4.1.1 Coordenadas GPS

El día 23 de noviembre se inició el trabajo de campo con una duración de diez (10) días, el transporte de Caracas a Sanare fue por medio de tierra con un tiempo estimado de seis (6) horas de trayecto.

Se levantaron un total de 116 puntos GPS en los diez días del trabajo de campo, estos se encuentran en REDVEN/UTM Zona 19N

Tabla 4.1 Tabla de Coordenadas GPS y Muestras Tomadas

Punto	Coordenadas		Muestra
	Norte	Este	
1	1079310	424815	
2	1079497	425063	
3	1079807	424333	
4	1079764	424502	
5	1079807	424333	
6	1079851	424265	
7	1079912	424294	
8	1079315	424796	
9	1079339	424545	
10	1079345	424577	AG-01
11	1079357	424518	
12	1079349	424498	AG-02
13	1079242	424320	
14	1079142	424403	AG-02
15	1079158	424413	AG-03
16	1079163	424327	
17	1079070	424290	AG-04
18	1079199	424315	AG-05
19	1079458	424604	
20	1079564	424516	AG-06
21	1079629	424513	

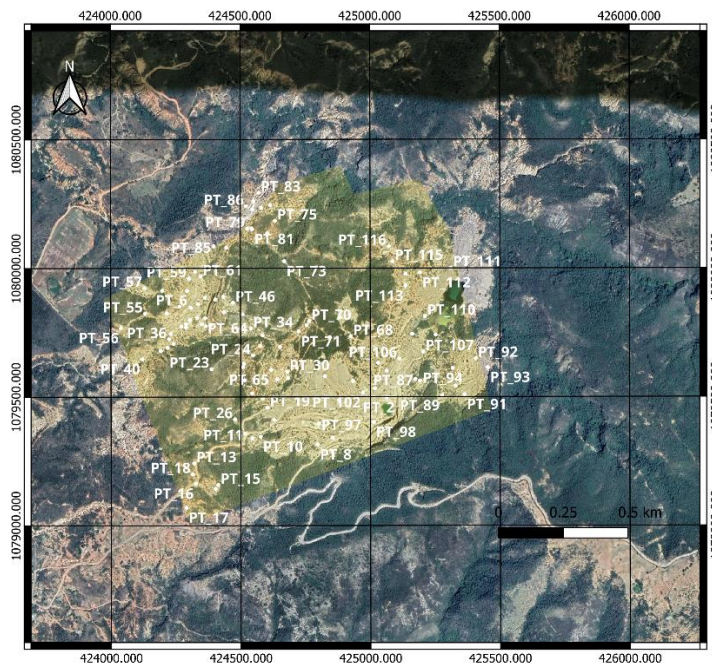
Punto	Norte	Este	Muestra
22	1079616	424510	AG-07
23	1079608	424388	AG-08
24	1079661	424548	AG-09
25	1079698	424576	
26	1079413	424478	
27	1079494	424585	AG-10
28	1079513	424544	
29	1079569	424641	AG-11
30	1079598	424680	AG-12
31	1079573	424683	
32	1079695	424652	
33	1079739	424585	AG-13
34	1079766	424540	
35	1079778	424384	
36	1079724	424224	
37	1079691	424219	AG-14
38	1079706	424242	AG-15
39	1079679	424192	
40	1079647	424122	AG-16
41	1079886	424363	AG-17
42	1079783	424351	AG-18
43	1079799	424304	
44	1079846	424308	
45	1079879	424403	
46	1079866	424471	AG-19
47	1079889	424434	
48	1079821	424508	
49	1079829	424436	
50	1079783	424290	
51	1079770	424290	
52	1079774	424271	
53	1079745	424231	
54	1079825	424216	
55	1079824	424132	
56	1079768	424039	AG-20
57	1079923	424130	AG-21
58	1079913	424198	
59	1079960	424301	
60	1079986	424325	AG-22

Punto	Norte	Este	Muestra
62	1079860	424337	
61	1079968	424346	AG-23
63	1079775	424366	
64	1079806	424364	
65	1079605	424618	
66	1079613	424717	
67	1079732	424844	
68	1079735	424925	
69	1079808	424883	
70	1079794	424764	
71	1079754	424724	
72	1079779	424754	AG-24
73	1080027	424669	
74	1080136	424604	
75	1080184	424633	
76	1080245	424615	
77	1080234	424580	
78	1080228	424546	AG-25
79	1080154	424527	
80	1080155	424543	AG-26 AG-27
81	1080152	424545	AG-28
82	1080080	424446	
83	1080293	424570	
84	1080260	424550	
85	1080085	424396	
86	1080241	424522	
87	1079569	425174	
88	1079562	425191	AG-29
89	1079505	425277	
90	1079543	425329	
91	1079509	425363	AG-30
92	1079649	425406	
93	1079614	425453	AG-31
94	1079611	425318	
95	1079411	424629	
96	1079341	424855	
97	1079396	424802	AG-32
98	1079402	425013	

99	1079483	424881	
100	1079580	424825	
101	1079561	424933	
102	1079517	424971	
103	1079533	425018	
104	1079601	425063	
105	1079632	425030	
106	1079648	425112	
107	1079675	425204	AG-33
108	1079741	425252	
109	1079744	425162	AG-34
110	1079813	425211	
111	1080001	425311	
112	1079983	425192	
113	1079931	425137	AG-35
114	1079978	425136	
115	1080026	425086	
116	1080085	425072	

Tabla de Puntos levantados y muestras tomadas durante el campo

Figura 4.1 Mapa de Puntos GPS Tomados en Campo



La disposición de los 116 puntos GPS tomados cubre la mayoría de las regiones de interés, sin embargo, en ciertas regiones no se tomaron puntos GPS, ya que no presentaban ninguna característica resaltante y consistían en suelo cuaternario o material de relleno.



### 4.1.2 Descripción De Muestras Tomadas

Tabla 4.2 Tabla de Descripción Muestras de Arcilla

Punto	Coordenadas		Muestra	Color Fresco	Color Meteorizado	Contenido Orgánico	Plasticidad	Textura	Observaciones
	Norte	Este							
8	1079315	424796		Marrón Claro 5YR 6/4	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Muy plástica	Granular	Se observa material disgregado producto de un relleno antrópico que cubre un gran porcentaje de la zona de estudio desde laderas, caminos, y terrazas. Formado de fragmentos angulosos mal escogidos 0,2 cm a 1,50 cm sostenidos en una matriz arcillosa dichos fragmentos de origen metamórfico o sedimentario. Se determinaron espesores de hasta 50 metros de dicho material. No hay reacción al HCL
10	1079345	424577	AG-01	Naranja Grisáceo 10YR 7A	Naranja Amarillento Pálido 10 YR 8/6	Muy poco	Muy plástica	Arcillosa	Se observa un comportamiento masivo, presenta jarosita y goetita la cual aumenta su presencia hacia el sur del afloramiento, también presentan pequeñas manchas de óxido color marrón. Sobre esta capa se encuentra un material más escogido formando un borde discordante. No hay reacción al HCL
14	1079142	424403	AG-02	Naranja Muy Pálido 10YR 2/2	Naranja Grisáceo 10YR 7/4	Muy poco	Muy plástica	Limosa	Se observa un comportamiento masivo, manchas de óxidos color marrón con un grosor alrededor de 5 a 10 cm. La capa presenta una coloración más clara que las encontrada a sus laterales. No hay reacción al HCL
15	1079158	424413	AG-03	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Naranja Amarillento Oscuro 10YR 7/4	Muy poco	Muy plástica	Limosa	Se observa un comportamiento masivo, manchas de óxidos color marrón. Con mayor granulometría que la muestra AG-02. No hay reacción al HCL
17	1079070	424290	AG-04	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Rojizo/Marrón Claro 10YR 7/4: 5YR 6/4	Regular	Plástica	Limosa	Se observa un suelo disgregado producto de la meteorización de un esquistos color marrón rojizo con fragmentos de óxido y goetita. Estos suelos se encuentran dispuestos a lo largo de la ladera observada del punto 17 y su espesor es variante, no se observa vegetación en la zona. No hay reacción al HCL

Punto	Norte	Este	Muestra	Color fresco	Color Meteorizado	Contenido Orgánico	Plasticidad	Textura	Observaciones
18	1079199	424315	AG-05	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Poco	Plástica	Limosa	Se observa un comportamiento masivo con láminas de 45 cm de espesor. Se observa una similitud con la muestra AG-03 en coloración y distribución de manchas de óxidos, no obstante, esta presenta una textura franco arenosa. No hay reacción al HCL
20	1079564	424516	AG-06	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Regular	Plástica	Limosa	Se observa un suelo disgregado producto de la meteorización de un esquistos sericíticos presente en gran parte de la zona de estudio. Estos depósitos se encontraron cercanos a pequeños canales de agua. Se reporta un espesor aproximado de más de 45 cm. No hay reacción al HCL
27	1079494	424585	AG-10	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observa un comportamiento masivo con manchas de óxido distribuidas a lo largo de la capa. Esta capa se encuentra en una zanja de alrededor de 6 metros de profundidad la cual incrementa hacia el este. Se observó lentes de lignitos con un fuerte olor parecido al azufre. No hay reacción al HCL
29	1079569	424641	AG-11	Rosado Naranja moderado 5YR8/4	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Arcillosa	Se observa un comportamiento masivo con láminas de jarosita, goetita y láminas de óxido. Esta muestra fue tomada en un montículo de alrededor de 5 metros de altura el cual disminuye hacia el norte. No hay reacción al HCL
30	1079598	424680	AG-12	Marrón Pálido 5YR5/2	Rosa Naranja Grisáceo 5YR 7/2	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observa una disposición laminar con manchas de óxido, presenta laminaciones de goetita y jarosita, las láminas de goetita presentan un mayor espesor y mantienen una continuidad. No hay reacción al HCL
37	1079691	424219	AG-14	Marrón Pálido 5YR5/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observó una disposición laminar con manchas de óxido y pequeños trazos de goetita, las laminaciones presentan un grosor en promedio de 8 a 10 cm. No hay reacción al HCL

Punto	Norte	Este	Muestra	Color fresco	Color Meteorizado	Contenido Orgánico	Plasticidad	Textura	Observaciones
38 39	1079706	424242	AG-15	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Arcillo-Limosa	Se observó una disposición laminar y manchas de óxido, las laminaciones presentan un grosor en promedio de 5 a 10 cm. Muy similar a AG-14. No hay reacción al HCL
40	1079647	424122	AG-16	Marrón Pálido 5YR5/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observó una disposición laminar-masiva, presenta bandas de óxidos. Muy similar a AG-15. No hay reacción al HCL
41	1079886	424363	AG-17	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observa una disposición masiva con manchas de óxido, goetita y jarosita. No hay reacción al HCL
42	1079783	424351	AG-18	Naranja Grisáceo 10YR 7A	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observa una disposición masiva una coloración uniforme y la ausencia de láminas de hierro, esta capa se encuentra hacia la región sur este del punto 42, la cual parece profundizar en dicha dirección. No hay reacción al HCL
56	1079768	424039	AG-20	Marrón Amarillento Sombrío 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición masiva con pequeños cuerpos de goetita y pequeñas manchas de óxido. No hay reacción al HCL
57	1079929	424130	AG-21	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Muy poco	Plástica	Limosa	Se observa una disposición masiva con manchas de óxido. Esta presenta una similitud con las muestras AG-17 y AG-16. No hay reacción al HCL

*Caracterización Mineralógica de los Depósitos de Arcilla de la Localidad de Yay González A.*

Punto	Norte	Este	Muestra	Color fresco	Color Meteorizado	Contenido Orgánico	Plasticidad	Textura	Observaciones
60	1079968	424346	AG-23	Marrón Amarillento Oscuro 10YR 4/2	Marrón Amarillento Oscuro 5YR8/4	Muy poco	Muy Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición laminar con manchas de óxido, goetita y jarosita. Esta capa pareciera tener una orientación N60O90, debido que se puede observar una continuidad la cual es paralela a la capa descrita en el punto. No hay reacción al HCL
72	1079779	424754	AG-24	Naranja Rosado Grisáceo 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Poco	Plástica	Limosa	Se observa una disposición laminar con manchas de óxido y pequeños lentes de arenas mal escogidos. No hay reacción al HCL
78	1080228	424546	AG-25	Marrón Amarillento Oscuro 10YR 4/2	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición laminar con bandas de óxido de 2 a 5 cm de grosor. No hay reacción al HCL
81	1080152	424545	AG-28	Marrón Amarillento Pálido 10YR 2/2	Marrón Claro 5YR 4/2	Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición laminar con manchas de óxido, pequeños cuerpos de goetita muy meteorizados y lentes de areniscas de grano medio de alrededor de 4 m de espesor verticalizados. No hay reacción al HCL
88	1079562	425191	AG-29	Marrón Pálido 5YR 5/2	Marrón Claro 5YR 4/2	Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición masiva con manchas de óxido, y bandas de goetita oxidada verticales. No hay reacción al HCL
91	1079509	425363	AG-30	Naranja Rosado Grisácea 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 4/2	Húmeda	Muy Plástica	Arcillosa	Se observó una disposición masiva con manchas de óxido. Se puede observar bandas de óxido color vinotinto de poco grosor. No hay reacción al HCL

Punto	Norte	Este	Muestra	Color fresco	Color Meteorizado	Contenido Orgánico	Plasticidad	Textura	Observaciones
93	1079614	425453	AG-31	Naranja Rosado Grisácea 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 4/2	Húmeda	Plástica	Limosa	Se observa una disposición masiva con manchas de óxido, y capas de óxido con un espesor de 15 cm. Esta muestra presenta mayor tamaño de grano que la AG-30. No hay reacción al HCL
97 98 99 102 103 104 106	1079396	424802	AG-32	Rosado Naranja Grisáceo 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Poco Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición masiva con delgadas bandas de óxido hacia el noreste se observan goetita y jarosita progresivamente incrementando su presencia. En el punto 106 las laminaciones de óxido presentan una orientación N50E90. No hay reacción al HCL
107 108	1079675	425204	AG-33	Rosado Naranja Grisáceo 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Húmeda	Plástica	Arcillosa - limosa	Se observa una disposición masiva con manchas de óxido. En el punto 108 se observan pequeños lentes de arena mal escogidos, se observa jarosita y aumenta un poco la granulometría de la capa. No hay reacción al HCL
109	1079744	425162	AG-34	Marrón Amarillento Sombrío 10YR 2/2	Marrón Amarillento Sombrío 10YR 2/2	Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición laminar con jarosita aumentando su presencia hacia el noreste, esta capa reacciona al HCL siendo la única capa de la zona de estudio que reaccione. Reacciona al HCL.
113	1079931	425137	AG-35	Rosado Naranja Grisáceo 5YR 7/2	Marrón Claro 5YR 6/4	Húmeda	Plástica	Arcillosa	Se observa una disposición laminar con manchas de óxido, escasa presencia de jarosita, cristales de yeso superficiales. Los montículos meteorizados de dicha capa presentan tonos rosados. No hay reacción al HCL

Tabla descripción de muestras de arcillas tomadas según su propiedad físicas y químicas en campo. Las muestras A4 y A6 consiste en suelos saprofitos el resto fueron tomadas de estratos sedimentarios.

Tabla 4.3 Tabla de Descripción de Muestras de Rocas Metamórficas

Punto	Coordenadas		Muestra	Color Fresco	Color Meteorizado	Textura	HCL	Observaciones
	Norte	Este						
22 21 23	1079616 1079629 1079661	424510 424513 424548	AG-07 AG-08	Azul Claro	Marrón	Sedosa	N	Estos esquistos sericíticos afloran en diversas zonas, se tomó su foliación siendo esta N80E90. El tope del cerro encontrado en el área consiste en fragmentos de esquisto sericíticos y se pueden observar pequeños afloramientos verticalizados
25	1079616	424510	AG-09	Azul Claro	Marrón	Sedosa	N	Se observó el mismo esquisto sericítico ligeramente más meteorizado formando pequeños depósitos similares a los encontrados en el punto 20 de menos espesor
33	1079616	424510	AG-13	Marrón Claro	Marrón Oscuro	Sedosa	N	Se observó esquistos sericítico con una foliación N25O40S, ubicados hacia la colina encontrada al oeste de la zona de estudio
46	1079616	424510	AG-19	Azul Claro	Marrón	Sedosa	N	Se observó el esquisto sericítico en el tope del cerro, junto a gran cantidad de material de relleno y una vialidad abandonada. Se formaron terraplenes en el área posiblemente para la explotación del esquisto como piedra picada
116	1080085	425072		Azul Claro	Marrón claro	Sedosa	N	Se observó el esquisto sericítico fuertemente plegado. Se observa un terraplén donde posiblemente extraían piedra picada. Al norte se observa una ladera extensa de material de relleno

*Estas rocas presentan una mayor meteorización en las laderas de las elevaciones centrales de la zona de estudio, los afloramientos observados al suroeste presentan una coloración meteorizada más oscura debido a una mayor presencia de óxidos de hierro. Las rocas que presentan mayor deformación se encuentran al noreste, en el punto 116, donde forman pequeños pliegues.*

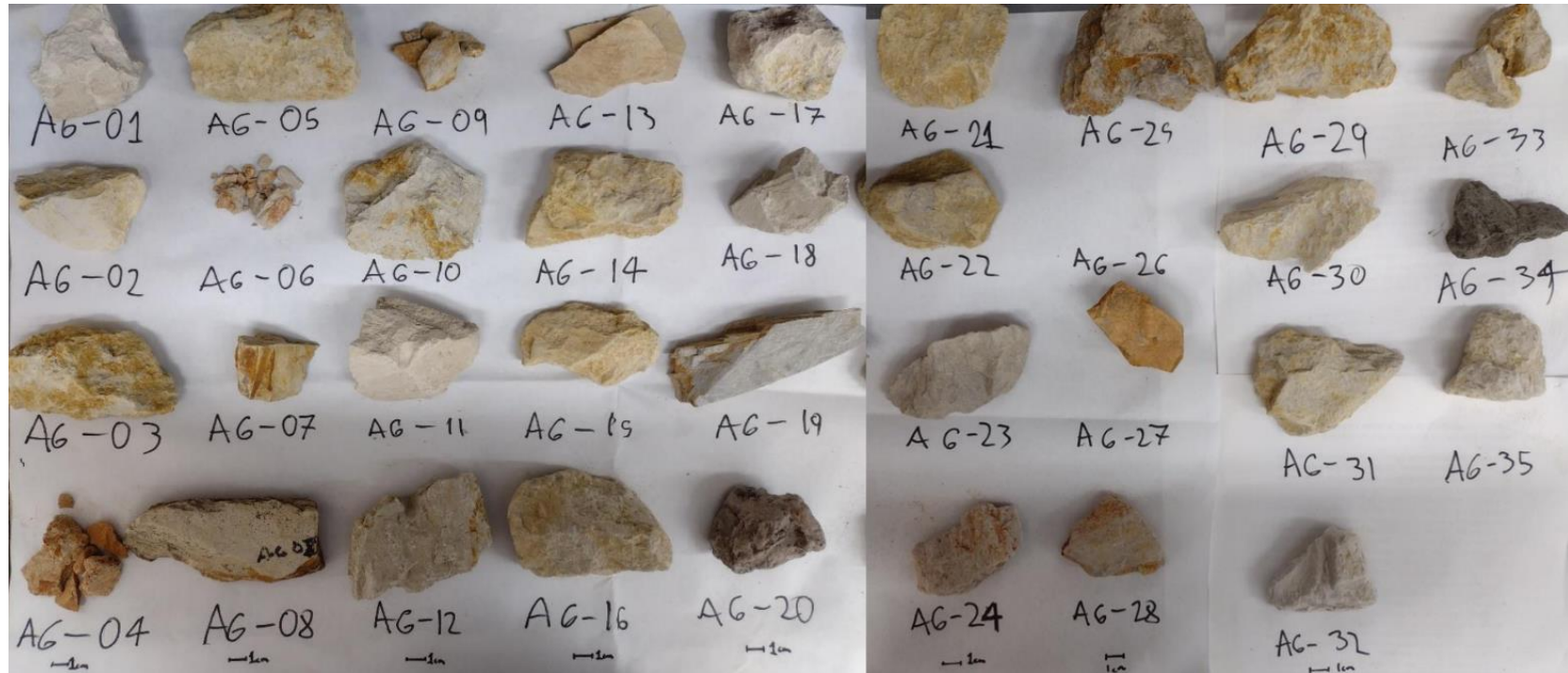


Figura 4.2 Muestras tomadas en Campo. En esta figura se pueden observar todas las muestras tomadas durante el periodo de campo excepto la muestra AG-26 por su diferencia de tamaño con las otras seleccionadas.

#### **4.1.3 Contacto de Falla**

En los puntos 10 y 14 se observó un contacto de arcilla con un material compuesto de una matriz y una serie de fragmentos de rocas angulares de tamaños de 5 a 15 centímetros, esta superficie discordante se interpreta como una inconformidad producto de un fallamiento inverso de bajo ángulo (corrimiento). La superficie varía su dirección lateralmente, en el punto 14 el material presenta un comportamiento más uniforme reportando una orientación N45E12N.



*Figura 4.3 Se observa dos materiales cuyo contacto es discordante, siendo el material en el tope fragmentos angulares de esquistos sericíticos en una matriz y en la parte inferior una capa de arcilla.*

#### **4.1.4 Ichnofacies Observadas**

Se encontró en el punto 80 se tomaron las muestras AG-26 y AG-27 de un lente de arenisca de grano medio color fresco marrón claro color meteorizado marrón oscuro, la cual presenta diaclasas y recristalizaciones silíceas dentro de las diaclasas, orientada N60E90. Se infiere que el tope de la secuencia se encuentra hacia el sur.



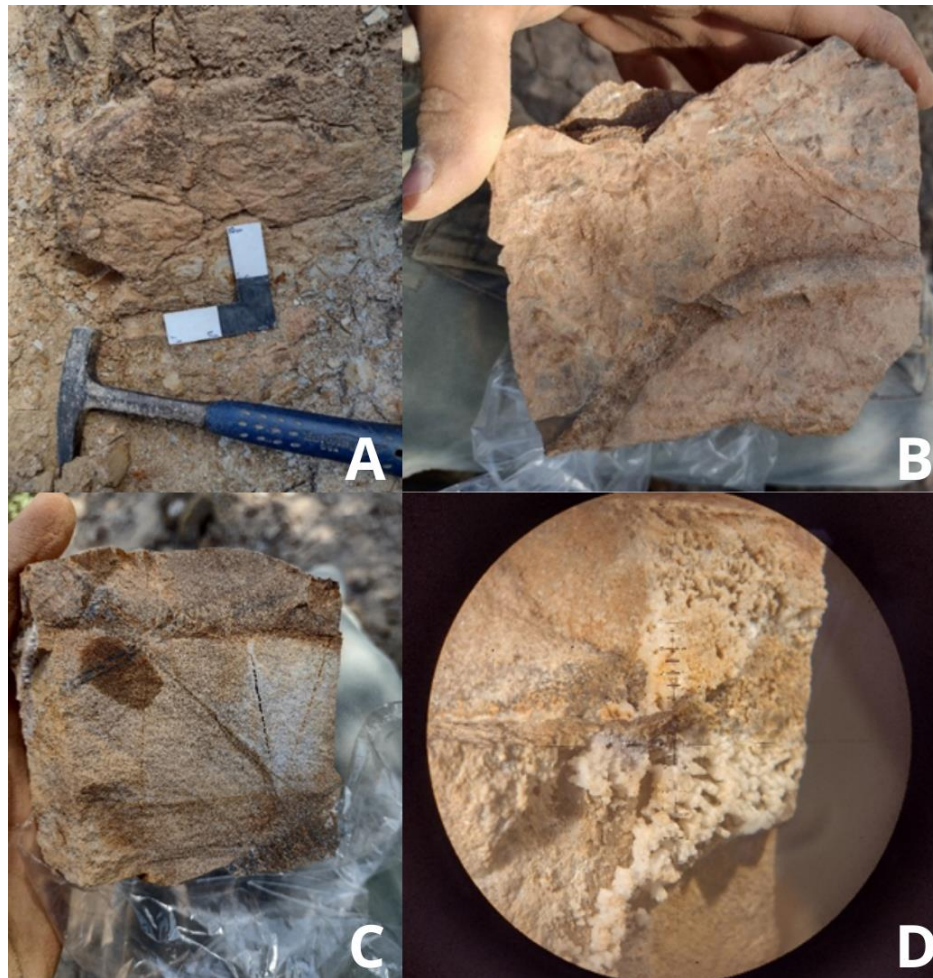


Figura 4.4 Polaridad de Capas. La imagen A muestra el afloramiento del lente de arena y las estructuras descritas. La imagen B muestra una toma más cercana de la ichnofacie encontrada, se observa sobresaliendo de la roca y se encuentra rellena. En las imágenes C y D se observa la muestra AG-26 con la ichnofacies de mayor tamaño se encuentra en esta, también se puede observar una serie de diaclasas las cuales cortan la capa de forma transversal indicando una formación mientras el lente se encontraba horizontalizado. La foto D se observó por el lente 5x de un microscopio de aument, donde o los cristales dentro de las diaclasas no reaccionan a HCL siendo estos de material silíceo.

## 4.2 Análisis de Laboratorio

### 4.2.1 Tamizado y observación en Microscopio de aumento

Se tamizaron por medio de T60 T120 y T230 y se observó el material retenido AG-34, AG-18 AG-35. Las muestras se encuentran formadas por cristales de cuarzo y pequeños cristales de yeso obteniendo una mayor concentración retenida en el tamiz 230.

#### 4.2.1.1 AG-18

No se observaron fragmentos fósiles en la muestra, los granos de cuarzo son mayormente angulosos y subangulosos. Se destacaron pequeños fragmentos de hematita en la muestra mayormente en el material retenido por el tamiz 120.

#### 4.2.1.2 AG-35

Se observaron pequeños fragmentos de fósiles alargados simétricos con una cavidad central, estos fragmentos no reaccionan a HCL y presentan una coloración marrón clara. Los granos observados son subangulosos siendo el cuarzo el mineral más común, la muestra también presenta cristales de yeso y magnetita.

#### 4.2.1.3 AG-34

Se observan fragmentos de conchas y fragmentos de dientes con un tamaño promedio de 0,02 milímetros. Estos fueron identificados como posibles fragmentos de mandíbula de un pez de la familia *Actinopterygian*, lo que fue consultado con el Doctor Philip Donoghue de la Universidad de Bristol, Inglaterra.

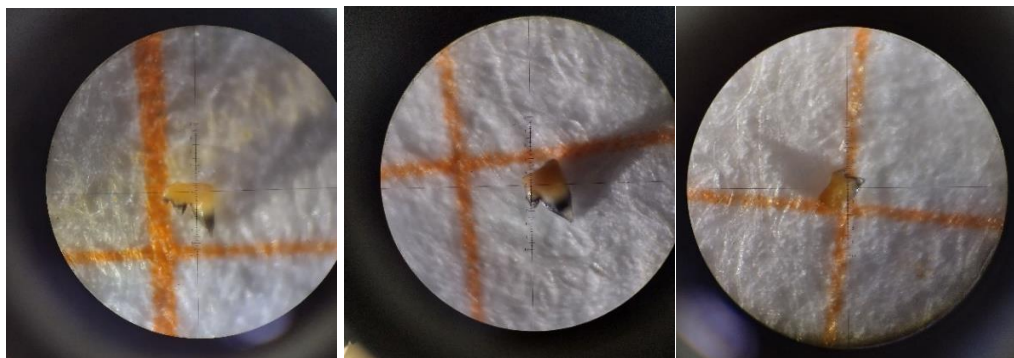
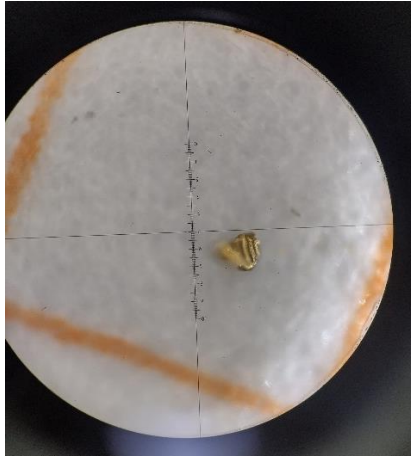


Figura 4.5 Fragmentos Fósiles Encontrados. Imagen tomada a través del objetivo X20 del microscopio por un teléfono con cámara de 12 MP el fondo es un papel milimétrico enfocando casillas de 1 mm<sup>2</sup>.

También se observaron detritos de oro con un tamaño promedio de 0,01 mm, sabiendo que el oro es un resistato y que estos mantienen una forma semi-redondeada.

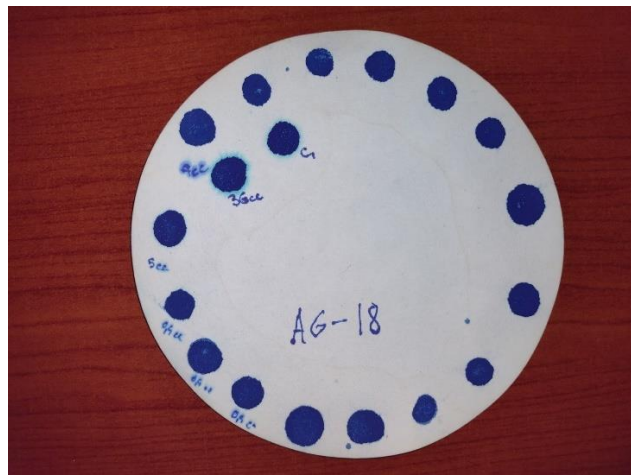


*Figura 4.6 Detritos de Oro. Imagen tomada a través del objetivo X20 del microscopio por un teléfono con cámara de 12 MP el fondo es un papel milimétrico enfocando casillas de 1 mm<sup>2</sup>.*

## **4.2.2 Absorción de Azul de Metileno**

### **4.2.2.1 AG-18 AM**

Durante el ensayo se empezó aplicando 0,5 ml de Azul de Metileno debido a un error metodológico, este fue corregido dando un resultado total de 36 ml de Azul de Metileno añadidos a la muestra.



*Figura 4.7 AG-18 Absorción de Azul de Metileno.*

Calculando el Valor de Azul.

$$Vb = \frac{36 \text{ cm}^2}{10 \text{ gr}}$$

$$Vb = 3,6 / \text{gr}$$

Calculando la Superficie Especifica

$$Se \left( \frac{\text{m}^2}{\text{gr}} \right) = 24 \times 3,6 \frac{\text{m}^2}{\text{gr}}$$

$$Se \left( \frac{\text{m}^2}{\text{gr}} \right) = 86,4 \frac{\text{m}^2}{\text{gr}}$$

Se obtuvo que Se para la muestra AG-18 es  $86,4 \frac{\text{m}^2}{\text{gr}}$  la cual se encuentra en el intervalo de la Illita.

#### 4.2.2.2 AG-20 AM

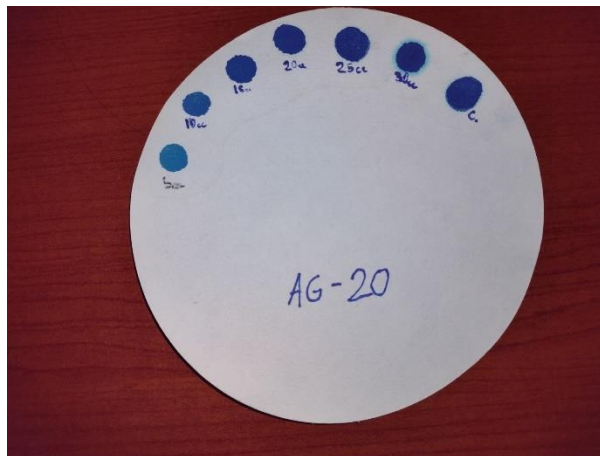


Figura 4.8 AG-20 Absorción de Azul de Metileno.

Calculando el Valor de Azul.

$$Vb = \frac{30 \text{ cm}^2}{10 \text{ gr}}$$

$$Vb = 3,0 \text{ ml/gr}$$

Calculando la Superficie Especifica.

$$Se \left( \frac{\text{m}^2}{\text{gr}} \right) = 24 \times 3,0$$

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 72$$

Se obtuvo que Se para la muestra AG-23 es  $72 \frac{m^2}{gr}$  la cual se encuentra próximo al intervalo de Illita.

#### 4.2.2.3 AG-23 AM

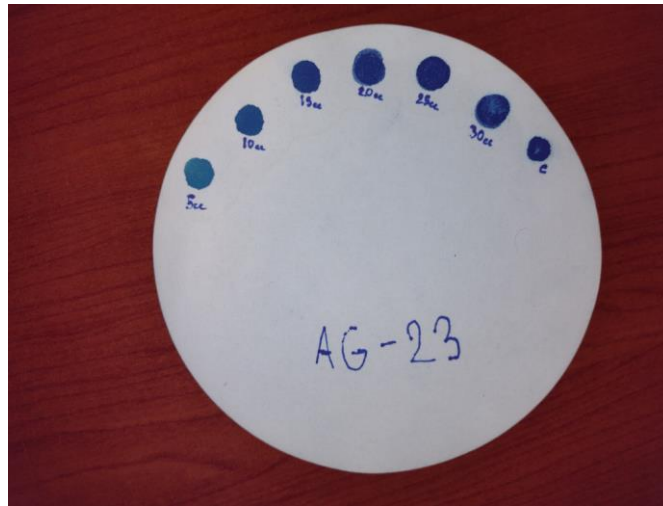


Figura 4.9 AG-23 Absorción de Azul de Metileno.

Calculando el Valor de Azul.

$$Vb = \frac{30 \text{ cm}^2}{10 \text{ gr}}$$

$$Vb = 3,0 \text{ ml/gr}$$

Calculando la Superficie Especifica

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 24 \times 3,0$$

$$Se \left( \frac{m^2}{gr} \right) = 72$$

Se obtuvo que Se para la muestra AG-23 es  $72 \frac{m^2}{gr}$  la cual se encuentra próximo al intervalo de Illita.

### 4.2.3 Análisis Gráficas DRX

#### 4.2.3.1 AG-01 DRX

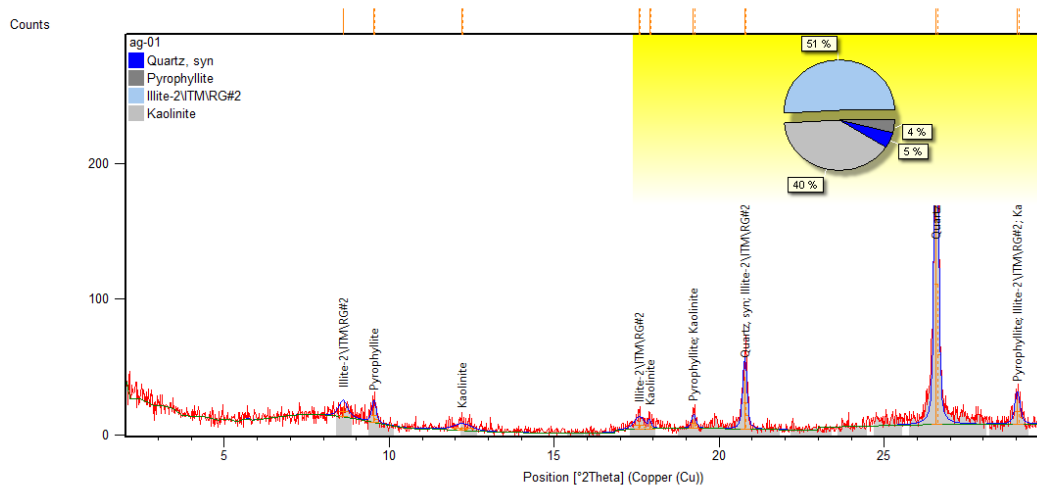


Figura 4.10 Score. 36 Cuarzo, 19 Pirofilita, 5 Illita y 1 Caolinita.  
RIR. 51% Illite, 40% Caolinita, 4% pirofilita, 5% cuarzo.

#### 4.2.3.2 AG-02 DRX

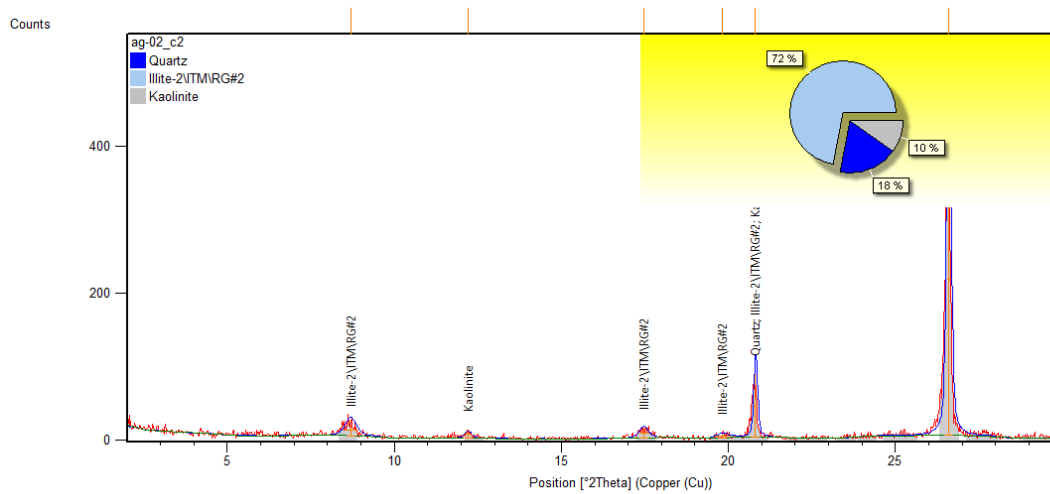


Figura 4.11 Score. 55 Cuarzo, 12 Illita y 2 Caolinita.  
RIR. 72% Illita, 18% Cuarzo, 10% Caolinita.

### 4.2.3.3 AG-03 DRX

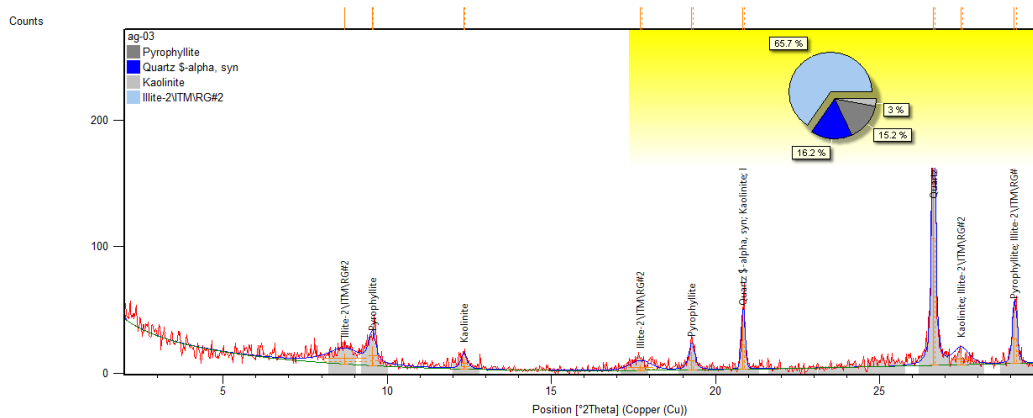


Figura 4.12 Score. 56 Pirofilita, 48 Cuarzo, 11 Illita y 5 Caolinita.  
RIR. 65% Illita, 16% Cuarzo, 15% Pirofilita, 3% Caolinita.

### 4.2.3.4 AG-04 DRX

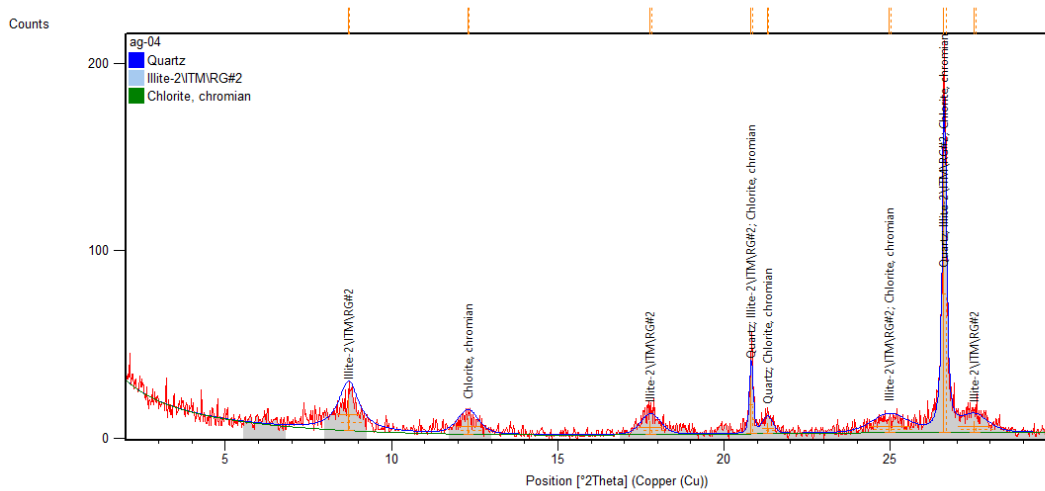


Figura 4.13 Score 49 Cuarzo, 10 Illita y 9 Clorita.

### 4.2.3.5 AG-05 DRX

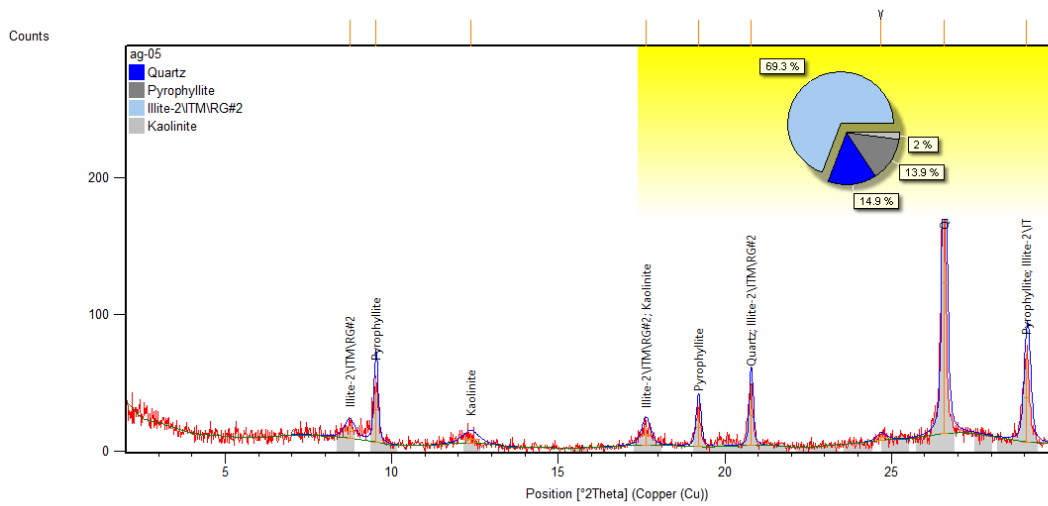


Figura 4.14 Score. 46 Cuarzo, 37 Pirofilita, 8 Illita y 3 Caolinita.  
RIR. 70% Illita, 15% Cuarzo, 14% Pirofilita, 2% Caolinita.

### 4.2.3.6 AG-06 DRX

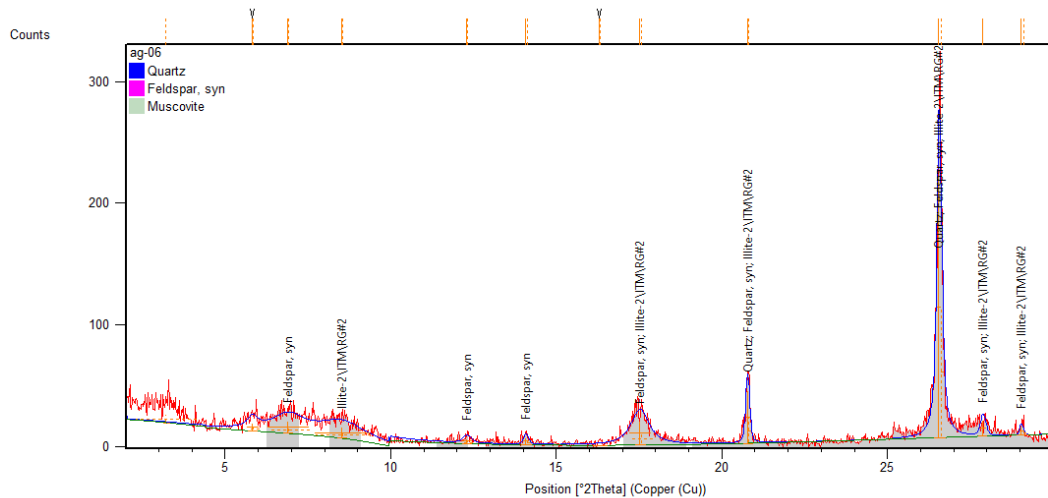


Figura 4.15 Score. 41 Cuarzo, 8 Feldespato y 6 Illita.



### 4.2.3.7 AG-10I DRX

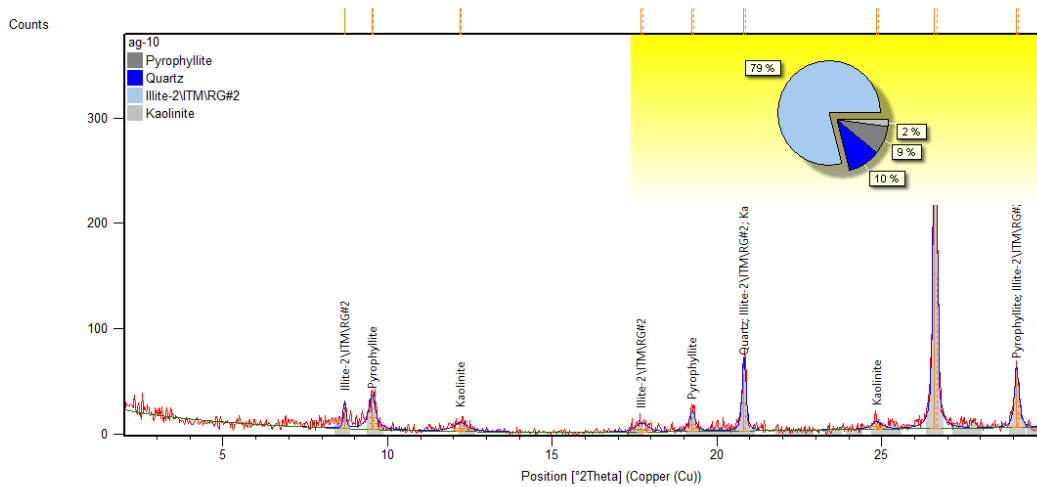


Figura 4.16 Score. 51 Pirofilita, 47 Cuarzo, 7 Illita y 4 Caolinita.  
RIR. 79% Illita, 10% Cuarzo, 9% Pirofilita, 2% Caolinita.

### 4.2.3.8 AG-10II DRX

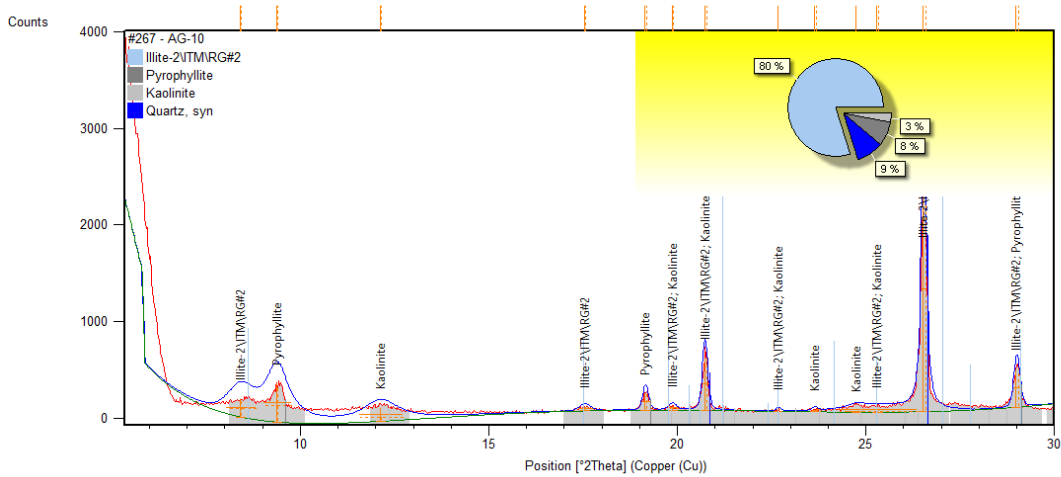


Figura 4.17 Score. 34 Cuarzo, 34 Pirofilita, 22 Illita y 13 Caolinita.  
RIR. 80% Illita, 9% Cuarzo, 8% Pirofilita, 3% Caolinita.

### 4.2.3.9 AG-11 DRX

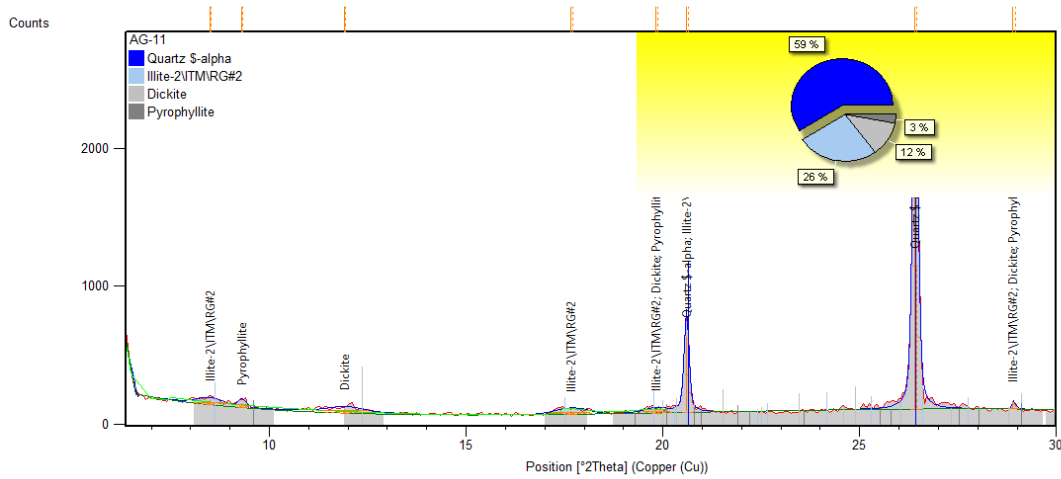


Figura 4.18 Score. 48 Cuarzo, 21 Illita, 8 Dickita y 8 Pirofilita.  
RIR. 59% Cuarzo, 26% Illita, 12% Dickita, 3% Pirofilita.

### 4.2.3.10 AG-12 DRX

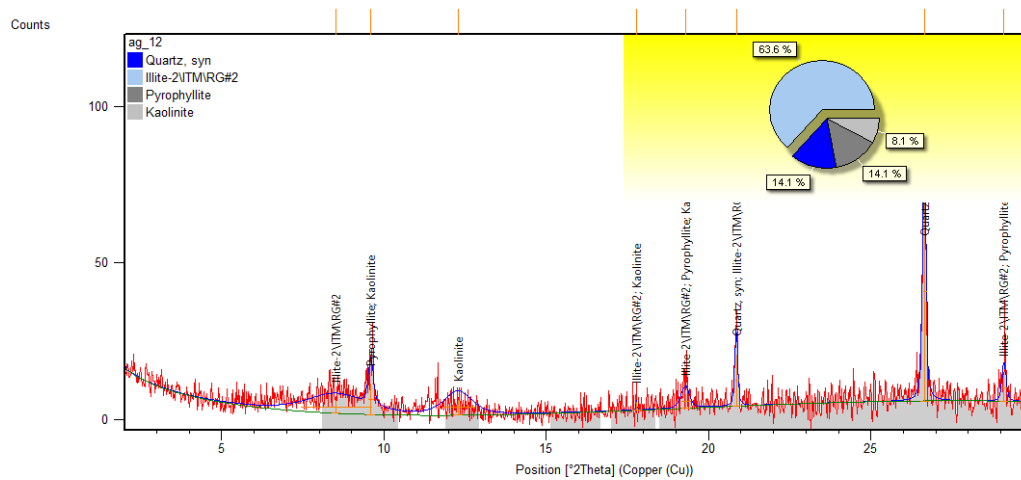


Figura 4.19 Score. 44 Cuarzo, 34 Pirofilita, 9 Illita y 4 Caolinita.  
RIR. 63,6% Illita, 14,1% Pirofilita, 14,1% Cuarzo y 8,1% Caolinita.

### 4.2.3.11 AG-14 DRX

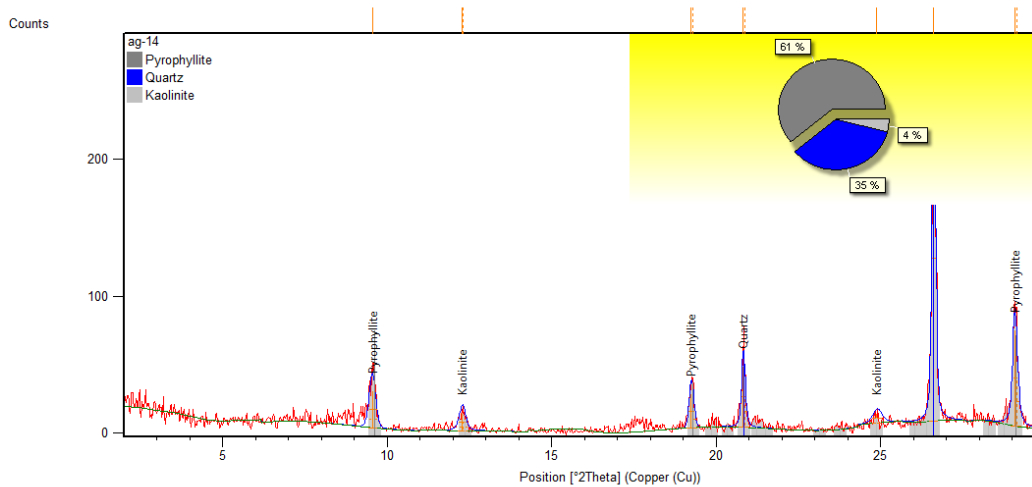


Figura 4.20 Score. 54 Pirofilita, 52 Cuarzo y 7 Caolinita.  
RIR. 61% Pirofilita, 35% Cuarzo, 4 Caolinita.

### 4.2.3.12 AG-15 DRX

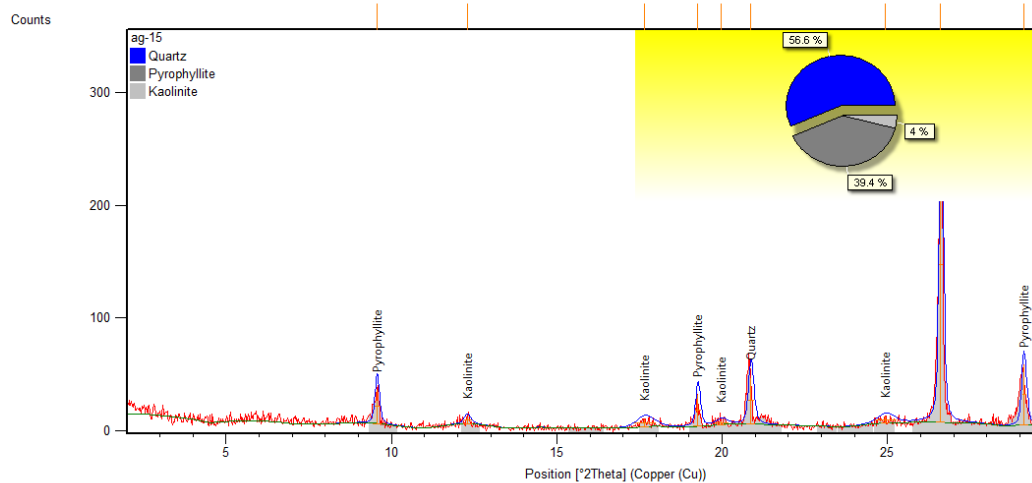


Figura 4.21 Score. 49 Cuarzo, 45 Pirofilita y 5 Caolinita.  
RIR. 56% Cuarzo, 39% Pirofilita, 4% Caolinita.

### 4.2.3.13 AG-16 DRX

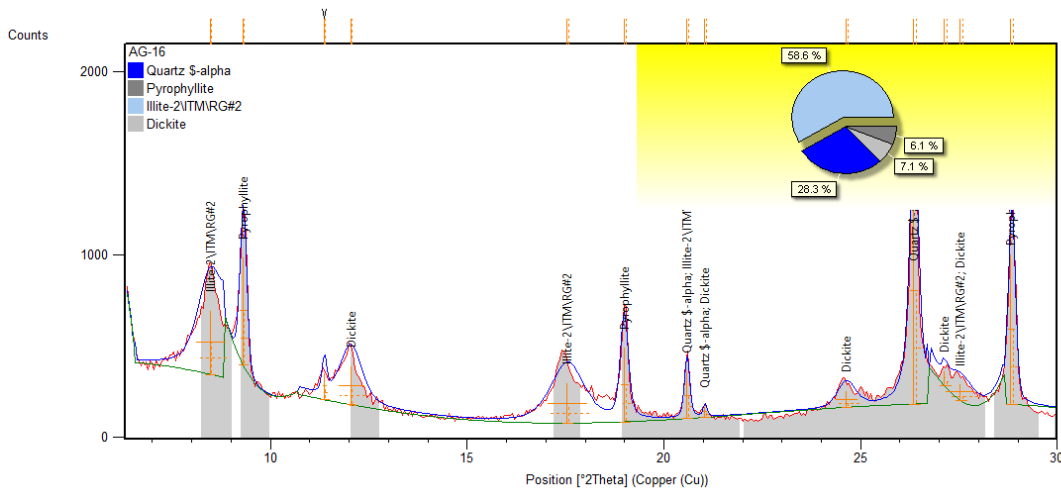


Figura 4.22 Score. 38 Cuarzo, 22 Illita, 12 Dickita y 9 Pirofilita.  
RIR. 58,6% Illita, 28,3% Cuarzo, 7,1 Dickita, 6,1% Pirofilita.

### 4.2.3.14 AG-17 DRX

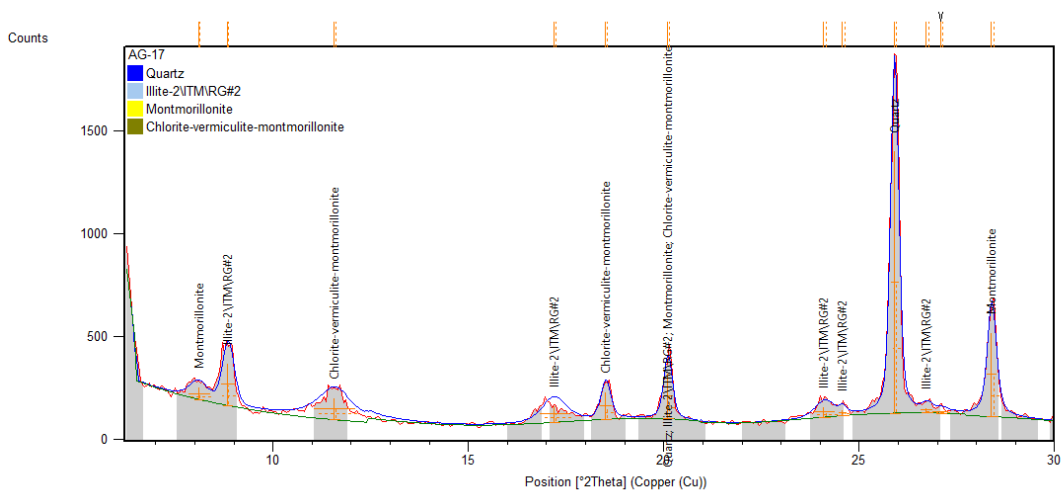


Figura 4.23 Score. 26 Cuarzo, 25 Montmorillonita, 23 Montmorillonita/Chlorita/Vermiculita y 17 Illita.

### 4.2.3.15 AG-18 DRX

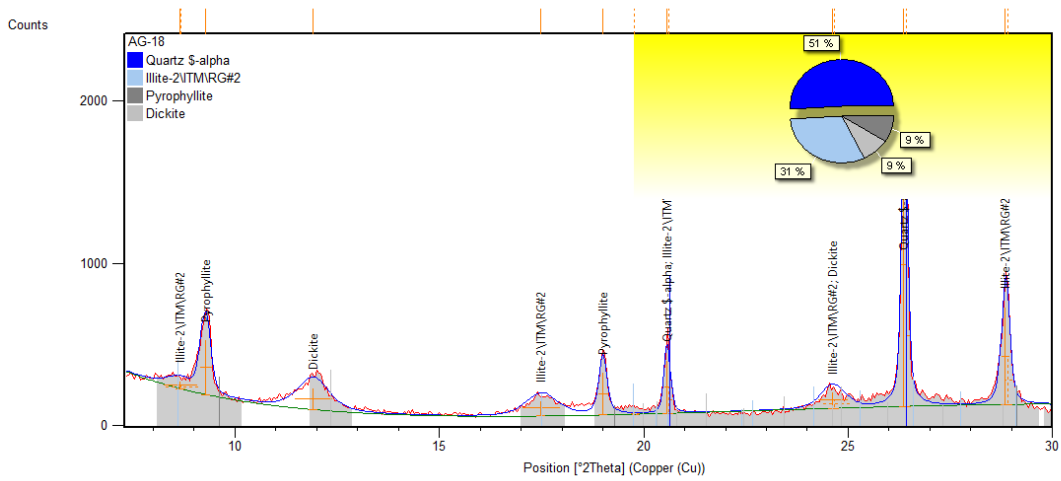


Figura 4.24 Score. 45 Cuarzo, 40 Illita, 23 Dickita y 19 Pirofilita.  
RIR. 51 Cuarzo, 31 Illita, 9 Dickita, 9 Pirofilita.

### 4.2.3.16 AG-20 DRX

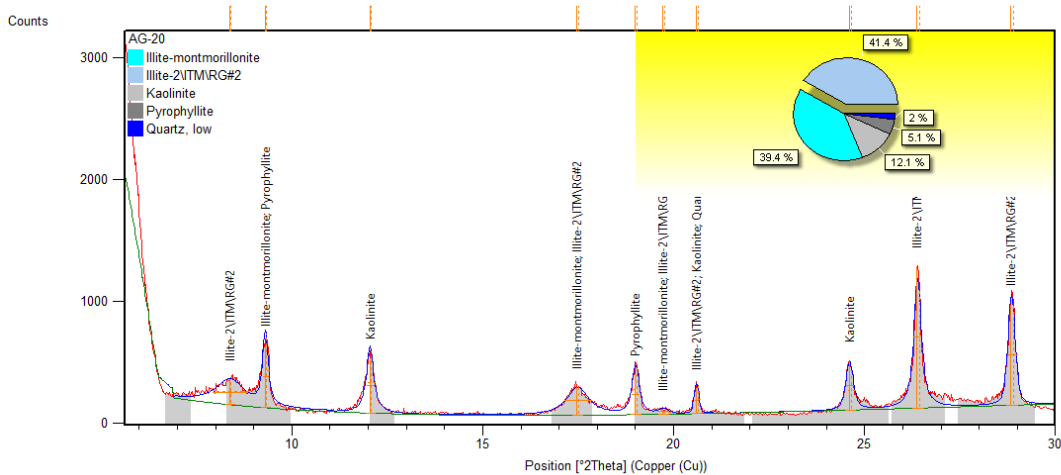


Figura 4.25 Score. 26 Illita-Monmorillonita, 19 Illita, 13 Pirofilita, 12 Cuarzo y 10 Caolinita.  
RIR. 41,4 % Illita, 39,4% Illita-Monmorillonita, 12,1% Caolinita, 5,1% Pirofilita, 2% Cuarzo.

### 4.2.3.17 AG-21 DRX

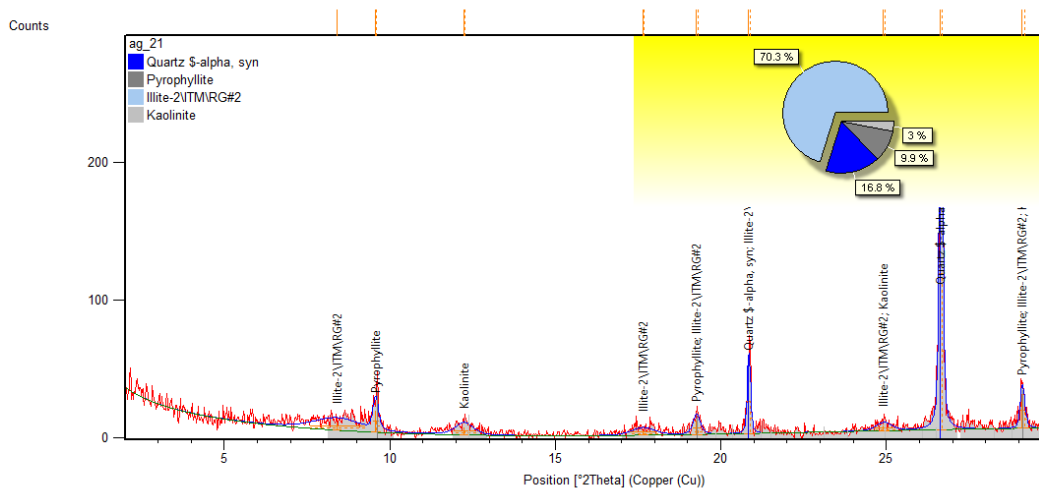


Figura 4.26 Score. 49 Cuarzo, 47 Pirofilita, 8 Illita y 7 Caolinita.  
RIR. 71% Illita, 17% Cuarzo, 10% Pirofilita, 3% Caolinita.

### 4.2.3.18 AG-22 DRX

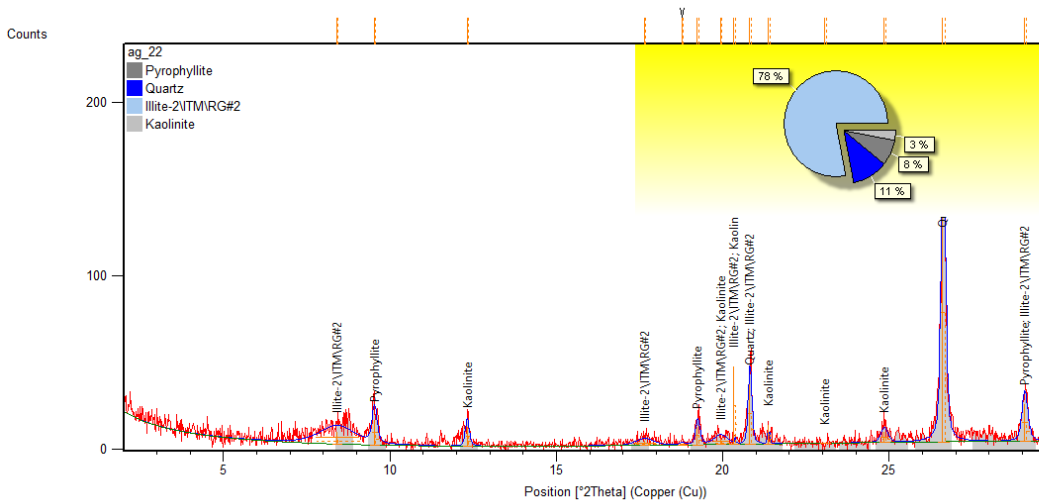


Figura 4.27 Score. 37 Cuarzo, 32 Pirofilita, 18 Caolinita y 6 Illita.  
RIR. 77% Illita, Cuarzo 11%, Pirofilita, 8%, Kaolinita 3%.

### 4.2.3.19 AG-23t DRX

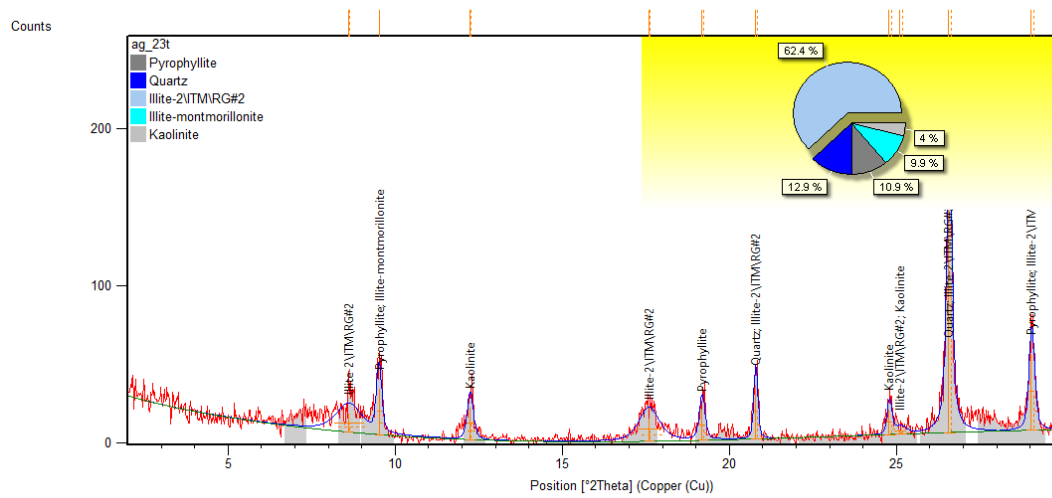


Figura 4.28 Score. 43 Cuarzo, 43 Pirofilita, 16 Illita, 10 Illita-Monmorillonita y 8 Caolinita. RIR. 62.4% Illita, 12.9% Cuarzo, 10.9% Pirofilita, 9.9% Illita-Monmorillonita, 4% Caolinita.

### 4.2.3.20 AG-23R DRX

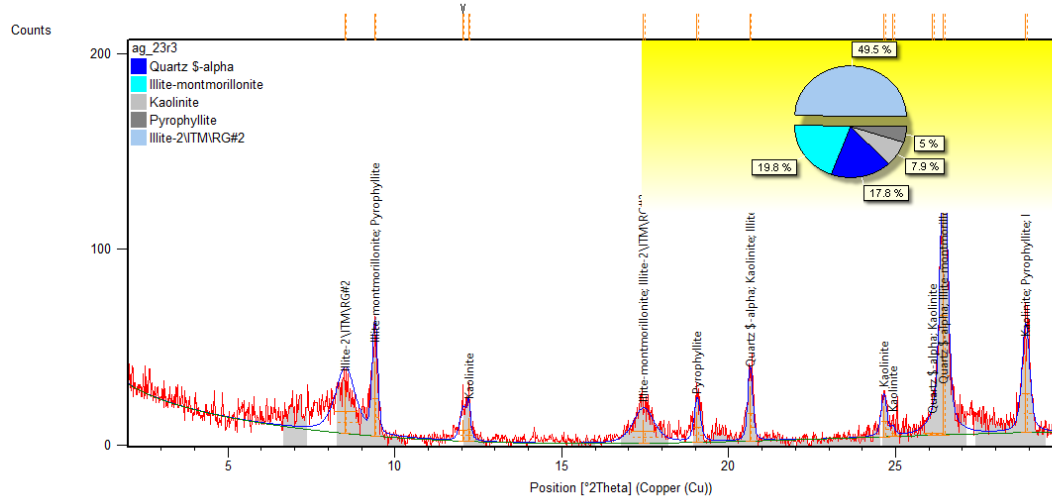


Figura 4.29 Score. 41 Cuarzo, 13 Illita, 11 Illita-Monmorillonita, 5 Caolinita y 5 Pirofilita. RIR. 49.5% Illita, 19.8% Cuarzo, 17.8% Illita-Monmorillonita, 7.9% Caolinita, 5% Pirofilita.

### 4.2.3.21 AG-24 DRX

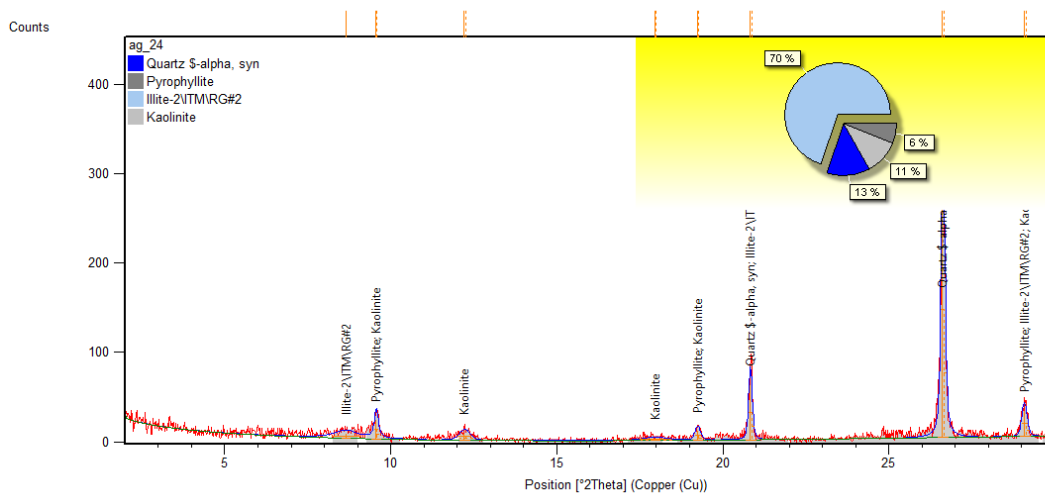


Figura 4.30 Score. 55 Pirofilita, 51 Cuarzo, 6 Illita y 5 Caolinita.  
RIR. 70% Illita, 13% Cuarzo, 11% Caolinita, 6% Pirofilita.

### 4.2.3.22 AG-25 DRX

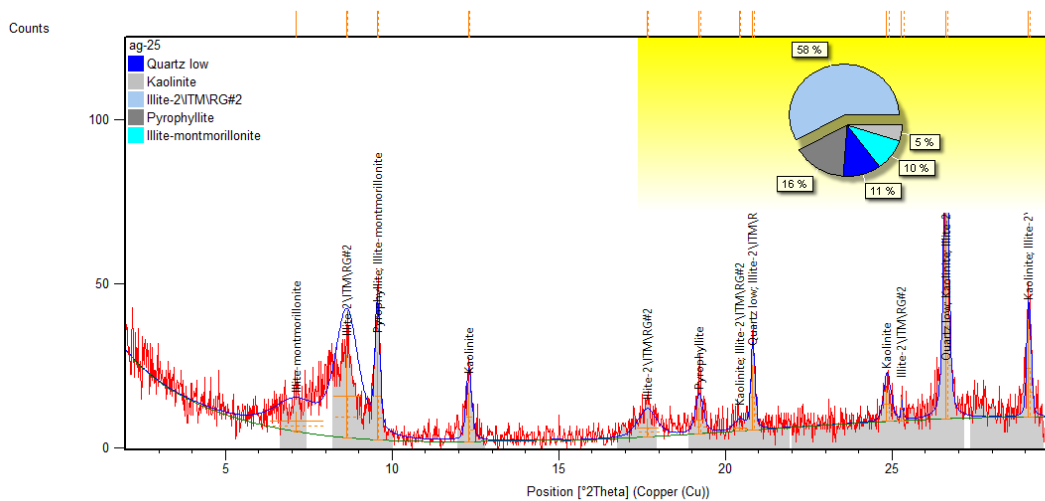


Figura 4.31 Score. 42 Cuarzo, 36 Pirofilita, 18 Illita, 13 Caolinita y 12 Illita-Montmorillonita.  
RIR. 58% Illita, 16% Pirofilita, 11% Cuarzo, 10% Illita-Montmorillonita, 5% Caolinita.



### 4.2.3.23 AG-28 DRX

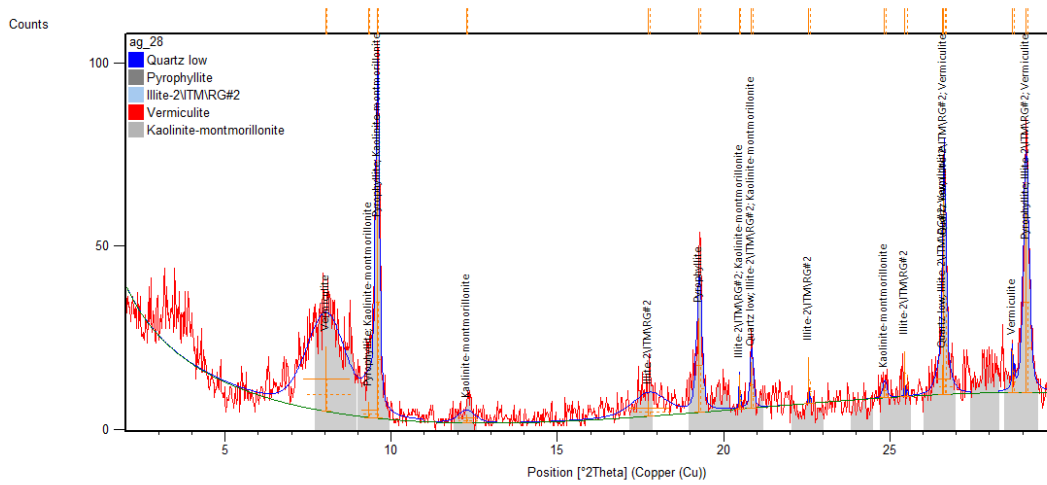


Figura 4.32 Score. 45 Pirofilita, 35 Cuarzo, 11 Vermiculita, 9 Illita y 6 Caolinita-Montmorillonite.

### 4.2.3.24 AG-29 DRX

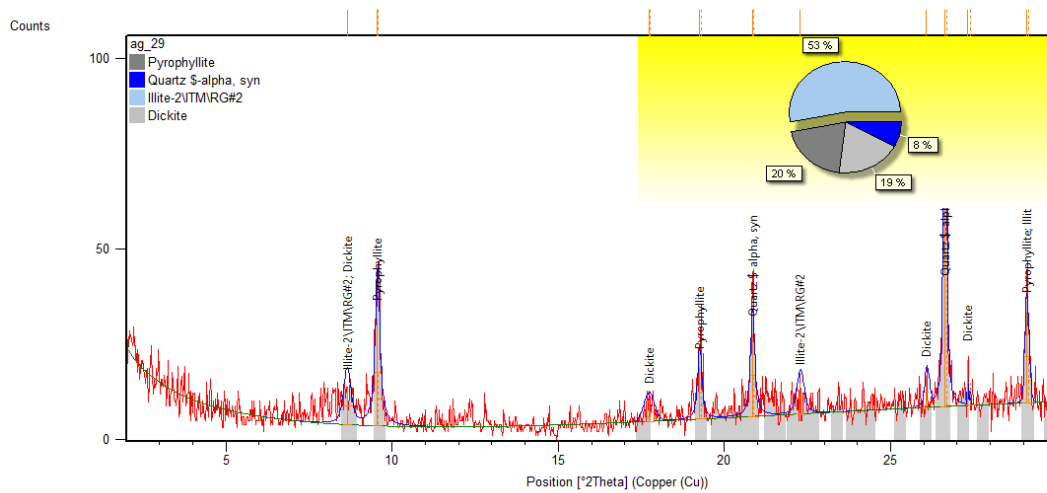


Figura 4.33 Score. 45 Pirofilita, 45 Cuarzo, 8 Illita y 2 Dickite.  
RIR. 53% Illita 20% Pirofilita 19% Dickite 8% Cuarzo.

### 4.2.3.25 AG-30 DRX

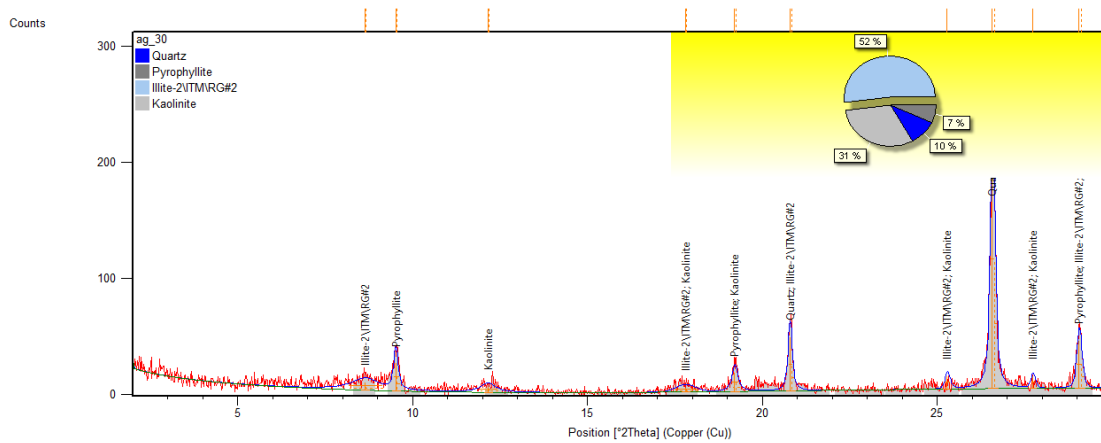


Figura 4.34 Score. 44 Cuarzo, 42 Pirofilita, 11 Illita y 2 Caolinita.  
RIR. 52% illita 31% Caolinita 10% Cuarzo 7% Pirofilita.

### 4.2.3.26 AG-31 DRX

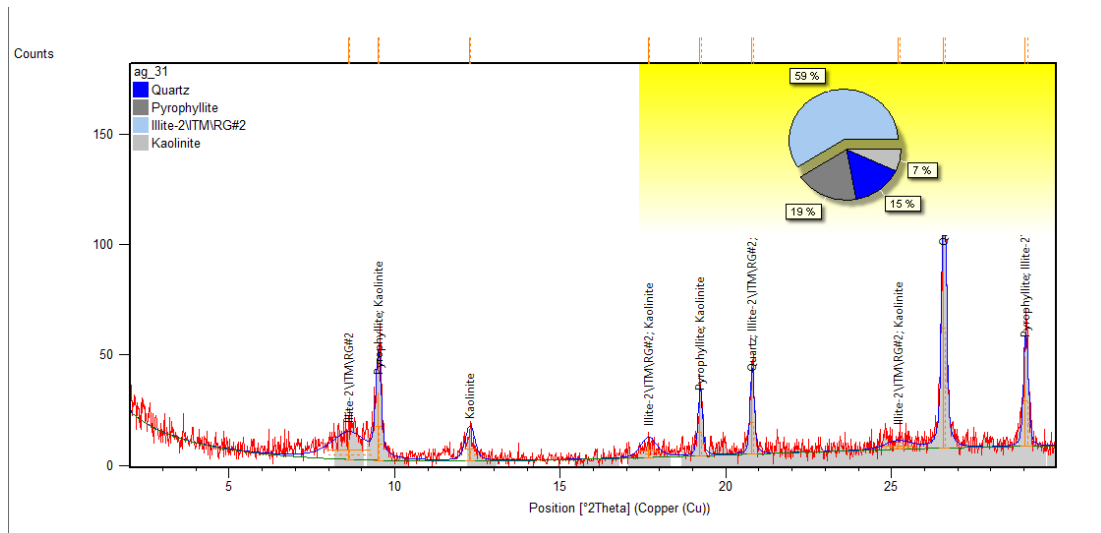


Figura 4.35 Score. 49 Cuarzo, 45 Pirofilita, 16 Illita y 2 Caolinita.  
RIR. 59% Illita 19% Pirofilita 15% Cuarzo 7% Caolinita.

### 4.2.3.27 AG-32 DRX

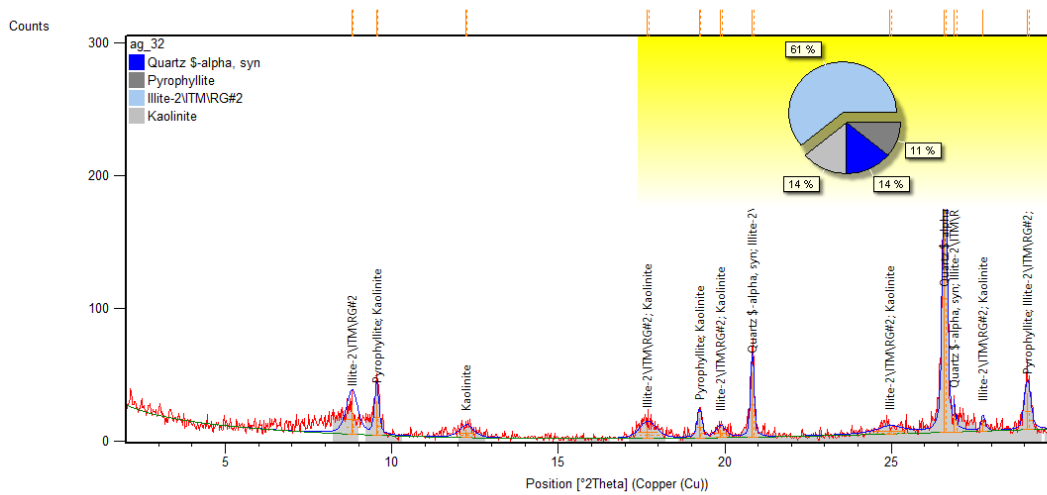


Figura 4.36 Score. 46 Pirofilita, 42 Cuarzo, 11 Illita y 14 Caolinita.  
RIR. 61% Illita 14% Caolinita 14% Cuarzo 11% Pirofilita.

### 4.2.3.28 AG-33 DRX

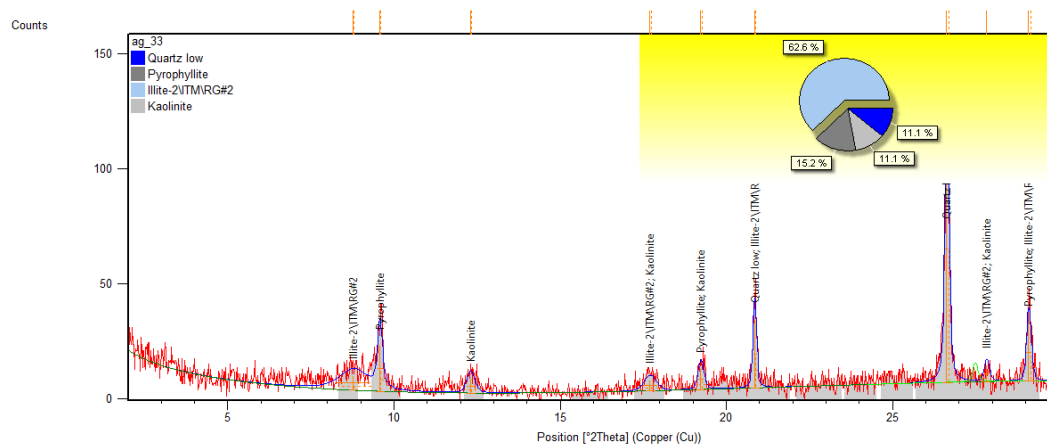


Figura 4.37 Score. 50 Cuarzo, 50 Pirofilita, 9 illita y 2 Caolinita.  
RIR. 62,6% Illita 15,2% Pirofilita 11,1% Caolinita 11,1% Cuarzo.

### 4.2.3.29 AG-34 DRX

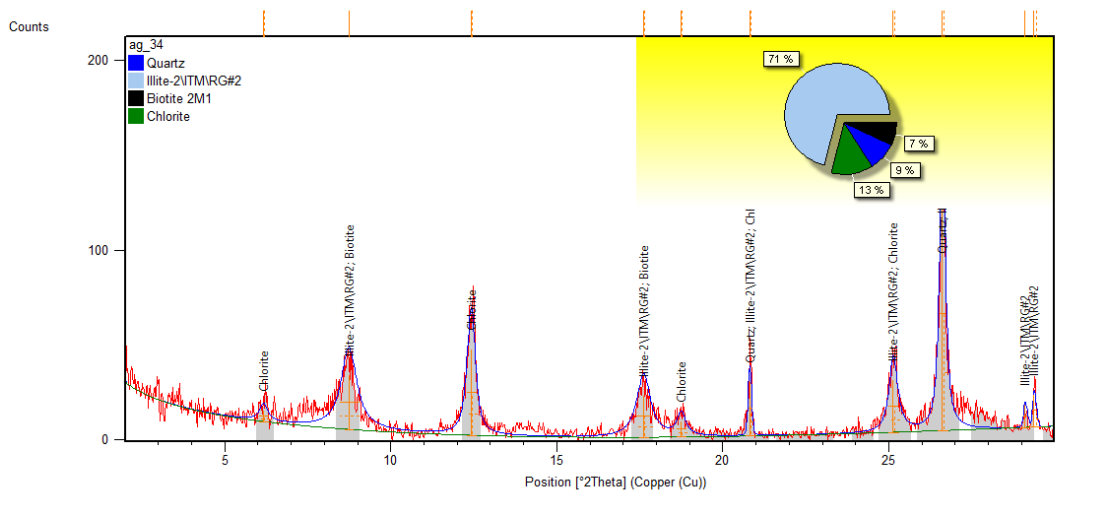


Figura 4.38 Score. 41 Cuarzo, 22 Clorita, 13 Biotita y 10 Illita.  
RIR. 71% Illita 13% Clorita 9% Cuarzo 7% Biotita.

### 4.2.3.30 AG-35 DRX

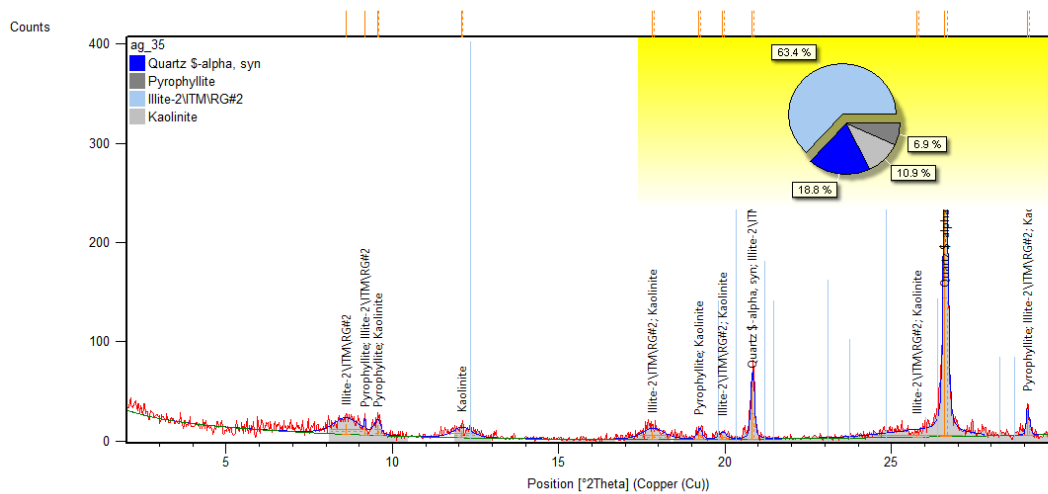


Figura 4.39 Score. 42 Cuarzo, 37 Pirofilita, 14 Illita y 4 Caolinita.  
RIR. 63,4% Illita 18,8% Cuarzo 10,9% Caolinita 6,9% Pirofilita.

Para las muestras AG-04, AG-06, AG-17, AG-28 no fue posible realizar el análisis semicuantitativo de Razón de Intensidades Relativas debido que los patrones más representativos no presentaban sus valores RIR.

Las muestras AG-10I y AG-10II fueron analizadas utilizando el difractor PW 1.130/96 y el LANScientific. Se observó una mayor definición de los picos en el difractor LANScientific, lo que se reflejó en un aumento en los valores del Score. Sin embargo, al comparar los valores semicuantitativos obtenidos del análisis RIR, se identificó una diferencia del 1,25% entre los valores registrados.

#### **4.2.4 Asociación Litológica de los Depósitos de Arcilla**

Se determinaron cinco (5) tipos de arcilla diferenciadas por los valores obtenidos mediante difracción y sus características físicas en muestra de mano. Siendo cuatro (4) de estas de origen sedimentario y una (1) generada por la acumulación de suelos residuales.

##### **4.2.4.1 Arcilla Pirofilitica Marrón Amarillenta.**

Ubicada al noroeste con una extensión de 2.541,88 m<sup>2</sup>, se encuentra conformada principalmente por pirofilita, cuarzo y caolinita. Se observan manchas de óxidos, con una textura limosa manteniendo un comportamiento masivo-laminar variable en la continuidad lateral del depósito.

Tabla 4.4 Tabla de Muestras Arcilla Pirofilitica Marrón Amarillenta

Muestra	Estudio	Minerales
AG-14	Score	54 Pirofilita, 52 Cuarzo, 7 Caolinita
	RIR	61% Pirofilita, 35% Cuarzo, 4 Caolinita
AG-15	Score	49 Cuarzo, 45 Pirofilita, 5 Caolinita
	RIR	56% Cuarzo, 39% Pirofilita, 4% Caolinita

##### **4.2.4.2 Arcilla illítica Grisácea**

Ubicada al sur, este y noreste de la zona con una extensión de 36.302 m<sup>2</sup>, conformada principalmente por illita, pirofilita y caolinita. Se observar óxidos en forma

de bandas, manchas y laminaciones. El contenido granular de la capa varia constante, las capas mantienen mayormente un comportamiento masivo. Se destaca la identificación de dicktita en las muestras AG-11, AG-18, AG-29 las cuales localmente poseen un color fresco más claro; siendo este una alteración de caolinita. La muestra AG-17 se identificó montmorillina, clorita y vermiculita por medio del método Rietveld, la zona de la cual la muestra fue tomada la muestra consiste en un frente de explotación por lo que podría existir algún tipo de contaminación siendo la muestra tomada en un afloramiento lateral a dicho frente.

Tabla 4.5 Tabla de Muestras de Arcilla illítica Grisácea

Muestra	Estudio	Minerales
AG-01	Score	36 Cuarzo, 19 Pirofilita, 5 Illita, 1 Caolinita.
	RIR	51% Illite, 40% Caolinita, 4% pirofilita, 5% cuarzo
AG-02	Score	55 Cuarzo, 12 Illita, 2 Caolinita
	RIR	72% Illita, 18% Cuarzo, 10% Caolinita
AG-03	Score	56 Pirofilita, 48 Cuarzo, 11 Illita, 5 Caolinita
	RIR	65% Illita, 16% Cuarzo, 15% Pirofilita, 3% Caolinita
AG-05	Score	46 Cuarzo, 37 Pirofilita, 8 Illita, 3 Caolinita
	RIR	70% Illita, 15% Cuarzo, 14% Pirofilita, 2% Caolinita
AG-10	Score	51 Pirofilita, 47 Cuarzo, 7 Illita, 4 Caolinita
	RIR	79% Illita, 10% Cuarzo, 9% Pirofilita, 2% Caolinita
AG-11	Score	48 Cuarzo, 21 Illita, 8 Dicktita, 8 Pirofilita
	RIR	59% Cuarzo, 26% Illita, 12% Dicktita, 3% Pirofilita
AG-12	Score	44 Cuarzo, 34 Pirofilita, 9 Illita y 4 Caolinita
	RIR	63,6% Illita, 14,1% Pirofilita, 14,1% Cuarzo y 8,1% Caolinita
AG-16	Score	55 Cuarzo, 12 Illita, 2 Caolinita
	RIR	72% Illita, 18% Cuarzo, 10% Caolinita
AG-17	Score	26 Cuarzo, 25 Montmorillonita, 23 Montmorillonita/Clorita/Vermiculita, 17 Illita
AG-18	Score	45 Cuarzo, 40 Illita, 23 Dickita, 19 Pirofilita
	RIR	51 Cuarzo, 31 Illita, 9 Dickita, 9 Pirofilita
AG 21	Score	49 Cuarzo, 47 Pirofilita, 8 Illita y 7 Caolinita
	RIR	71% Illita, 17% Cuarzo, 10% Pirofilita, 3% Caolinita
AG-22	Score	37 Cuarzo, 32 Pirofilita, 18 Caolinita y 6 Illita
	RIR	77% Illita, Cuarzo 11%, Pirofilita, 8%, Caolinita 3%

Muestra	Estudio	Minerales
AG-24	Score	55 Pirofilita, 51 Cuarzo, 6 Illita, Caolinita 1
	RIR	70% Illita, 13% Cuarzo, 11% Caolinita, 6% Pirofilita
AG-29	Score	45 Pirofilita 45 cuarzo 8 Illita 2 Dickite
	RIR	53% Illita 20% Pirofilita 19% Dickite 8% Cuarzo
AG-30	Score	44 Cuarzo 42 Pirofilita 11 Illita 2 Caolinita
	RIR	52% illita, 31% Caolinita, 10% Cuarzo, 7% Pirofilita
AG-31	Score	49 Cuarzo, 45 Pirofilita, 16 Illita, 2 Caolinita
	RIR	59% Illita 19% Pirofilita, 15% Cuarzo, 7% Caolinita
AG-32	Score	46 Pirofilita, 42 Cuarzo, 11 Illita, 14 Caolinita
	RIR	61% Illita, 14% Caolinita, 14% Cuarzo, 11% Pirofilita
AG-33	Score	50 Cuarzo, 50 Pirofilita, 9 illita, 2 Caolinita
	RIR	62,6% Illita 15,2% Pirofilita 11,1% Caolinita 11,1% Cuarzo
AG-35	Score	42 Cuarzo 37 Pirofilita 14 Illita 4 Caolinita
	RIR	63,4% Illita 18,8% Cuarzo 10,9% Caolinita 6,9% Pirofilita

#### 4.2.4.3 Arcilla Illítica Marrón Claro

Ubicado al norte de la zona con una cobertura aproximada de 3.525 m<sup>2</sup>, caracterizada por un color fresco marrón amarillento oscuro 10YR 4/2 y compuesta principalmente por illita, pirofilita y motmorillonita. La capa se enriquece en pirofilita hacia el noreste, en dicha dirección se registra un aumento de deformación, evidenciado en un lente de arenisca verticalizado con orientación N60E vertical y la presencia de vermiculita observada en la difracción de la muestra AG-28, indicando una alteración hidrotermal de la illita. Al norte del punto 78 se observa un contacto entre la capa y gravas mal escogidas con una orientación N55Evert.

Tabla 4.6 Muestras Arcilla Illítica Marrón Claro

Muestra	Estudio	Minerales
AG-20	Score	26 Illita-Monmorillonita, 19 Illita, 13 Pirofilita, 12 Cuarzo 10 Caolinita
	RIR	41,4 % Illita, 39,4% Illita-Monmorillonita, 12,1% Caolinita, 5,1% Pirofilita, 2% Cuarzo
AG-23	Score	41 Cuarzo, 13 Illita, 11 Ilita-Monmorillonita, 5 Caolinita, 5 Pirofilita
	RIR	49.5% Illita, 19,8% Cuarzo, 17,8% Ilita-Monmorillonita, 7,9% Caolinita, 5% Pirofilita
AG-25	Score	42 Cuarzo, 36 Pirofilita, 18 Illita, 13 Caolinita, 12 Illita-Montmorillonita
	RIR	58% Illita , 16% Pirofilita, 11% Cuarzo, 10% Illita-Montmorillonita, 5% Caolinita
AG-28	Score	Score. 45 Pirofilita, 35 Cuarzo, 11 Vermiculita, 9 Illita, 6 Caolinita-Montmorillonite

#### 4.2.4.4 Arcilla Illítica Grafítica

Ubicada al este de la zona de estudio con una cobertura aproximada de 1.471,35 m<sup>2</sup>, caracterizadas por un color fresco marrón amarillento sombría 10YR 2/2 y compuestas principalmente por grafito, illita y clorita. Se encontraron pequeños detritos de oro de 0,01 mm y restos fósiles siendo esta la única capa registrada que reacciona al HCL.

Tabla 4.7 Tabla de Muestras Arcilla Illítica Grafítica

Muestra	Método	Minerales
AG-34	Score	41 Cuarzo 22 Clorita 13 Biotita 10 Illita
	RIR	71% Illita, 13% Clorita, 9% Cuarzo, 7% Biotita

#### 4.2.4.5 Suelos Arcillosos Residuales

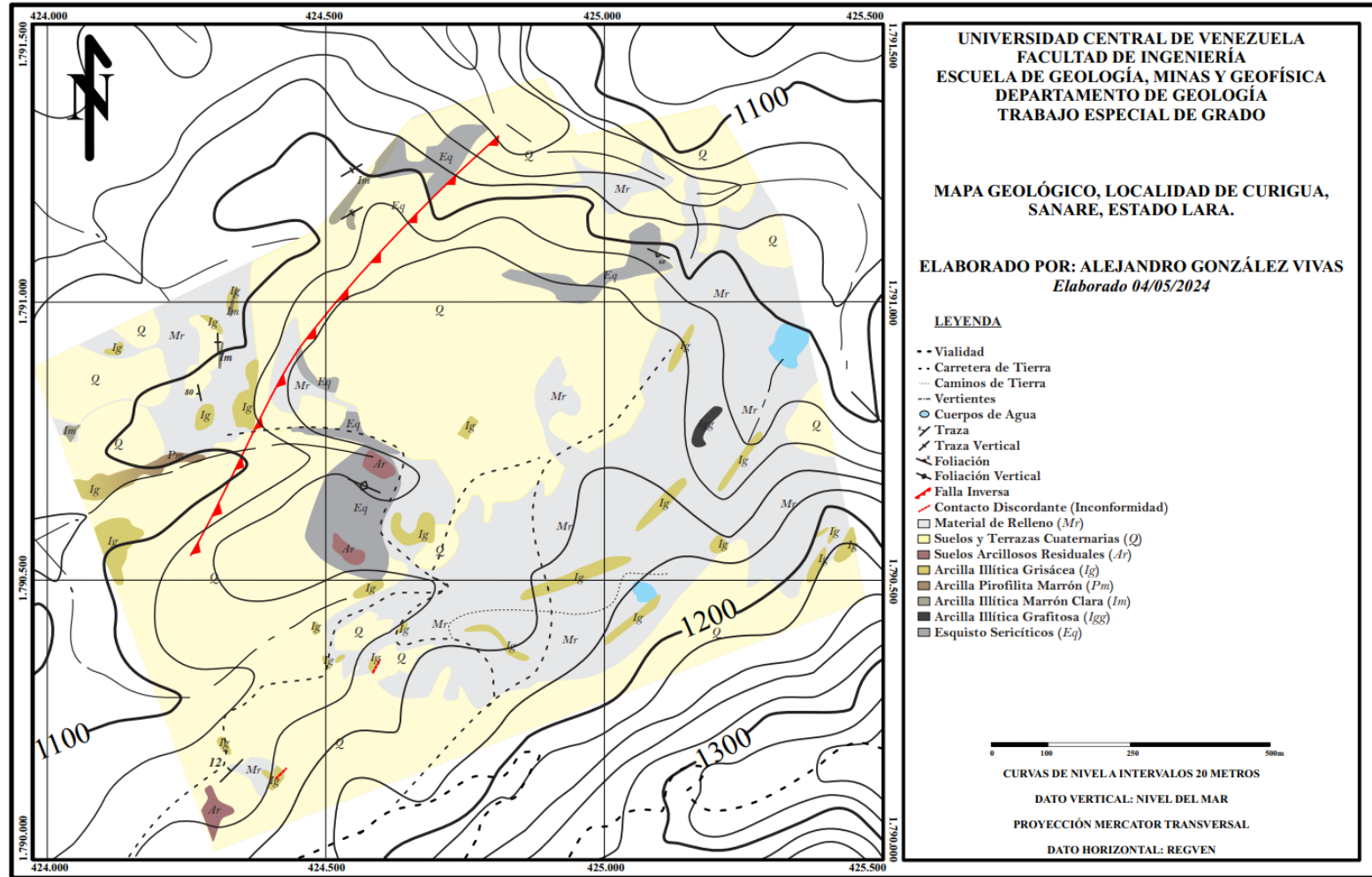
Ubicados en la región central y al suroeste de una zona de estudio con una extensión aproximada de 5.465,17 m<sup>2</sup>, caracterizadas por un color fresco marrón amarillenta y compuestas principalmente por cuarzo e illita. Estos suelos se formaron a partir de la meteorización de esquistos sericíticos, los cuales presentan una coloración más rojiza con laminaciones de óxido y goetita en la región suroeste. La presencia de clorita en la muestra AG-04 y feldespato en la muestra AG-06 sugiere que esta última ha estado expuesta durante un período de tiempo más prolongado a la alteración debido al clima tropical.

Tabla 4.8 Tabla de Muestras Suelos Arcilloso Residuales

Muestra	Método	Minerales
AG-04	Score	49 Cuarzo, 10 Illita, 9 Clorita
AG-06	Score	41 Cuarzo, 8 Feldespato, 6 Illita



Figura 4.40 Mapa Geológico Localidad de Curigua, Región de Yay, Estado Lara



#### **4.2.5 Historia Geológica**

La cuenca presenta una dirección preferencia suroeste-noreste, con una forma alargada. Según Álvarez (2006), «la forma alargada de la cuenca, los límites en contacto de falla y los escarpes de falla paralelos a los contactos limítrofes, indican que la cuenca se originó como una cuenca tipo graben, dicho proceso fue propuesto también por Stephan (1977) para explicar la génesis de la cuenca» (p. 155).

En las muestras tamizadas no se encontraron foraminíferos, se observaron pequeñas estructuras tubulares de silicio en el material retenido en la muestra AG-35, restos de dientes de *Actinopterygian*, fragmentos de conchas angulares y detritos de oro en la muestra AG-34.

En los depósitos de Arcilla Illítica Grisácea se puede evidenciar los cambios en la energía de depositación debido que, esta capa mantiene una continuidad en la que varía su textura arcillosa a limosa.

En el punto 16, se observaron pequeños lentes de conglomerados en la Arcilla Illítica Grisácea. Estos conglomerados se encontraron tanto al sur como al norte del área, lo que sugiere cambios en la energía del medio de depositación. Además, se depositó esporádicamente materia orgánica, formando lentes de lignitas y una capa de Arcilla Illítica Grafítica. Según Lécio Estratigráfico (1999) «la Formación El Pegón representan una molasa post-orogénica. La presencia de lignitos y arcillas, sugieren un ambiente paludal asociado con episodios de sedimentación torrencial, evidenciados por los conglomerados y gravas».

Posterior a la depositación, tuvo lugar un proceso de metamorfismo de bajo grado, el cual verticalizó la secuencia hacia el norte, generando diaclasas y cristalizaciones de fluidos ricos en silicio en lentes de arena de grano medio, evidenciado en la muestra AG-27. En el punto 80 se pudo observar pliegues pequeños

pliegues parásitos dentro de la capa de dicha capa, siendo esta la más próxima a la falla inversa reportada por Álvarez M (2006).

Finalmente, se interpretó la presencia de un corrimiento debido a los contactos discordantes entre la capa de Arcilla Illítica Grisácea y el esquisto sericítico, en los que se observó que el esquisto se encontraba sobre los estratos de arcilla, como se describió en los puntos 10 y 14.

## **4.3 CAPÍTULO VI SUMARIO, CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

### **4.3.1 SUMARIO**

Este estudio se basa en el análisis de 35 muestras tomadas en campo, de las cuales 28 pertenecen a depósitos de arcilla. Inicialmente se llevó a cabo una recopilación bibliográfica de diferentes estudios y normas referentes al muestreo y mapeo de cuerpos de arcilla. El período de campo tuvo una duración de 10 días, de los cuales se trabajaron 8 en campo, 1 en oficina y 2 contemplando el traslado de la ciudad capital al área de estudio y de regreso.

El muestreo en campo se realizó de forma sistemática, utilizando diferentes métodos de descripción y adquisición de datos, ya que se tomaron un total de 135 puntos GPS. En estos puntos se tomaron fotografías de diferentes aspectos de interés, las cuales formaron un rollo fundamental en la elaboración del mapa de campo.

De las 35 muestras tomadas, se tomaron muestras de esquistos sericíticos, suelo saprolítico, capas de arcilla y lentes de arenas encontrados dentro de las capas de arcilla. Estas fueron de vital importancia, ya que, presentaban ichnofacies indicando que hacia el sur se encuentra el tope de la secuencia. Los esquistos encontrados se reportaron a lo largo de toda la zona de estudio con ligeras variaciones, también se reportó un contacto producto de tectónica entre los esquistos y las capas de arcilla. Los depósitos de arcilla encontrados fueron georeferenciados, descritos y muestreados de forma esquemática para garantizar una base de datos confiable sobre la cual construir un mapa geológico.

En laboratorio se realizaron diversos estudios a las muestras de arcilla recolectadas. De las 28 muestras de arcilla, tres (3) se tamizaron y observaron en microscopio de aumento, se realizó el estudio de absorción de azul de metileno en tres (3) muestras y por último se estudiaron 28 muestras a través de difracción de rayos X.

Los resultados obtenidos fueron integrados para corroborar los datos levantados y los análisis realizados.

#### **4.3.2 CONCLUSIONES**

Se identificaron cinco (5) depósitos de arcilla en la zona de estudio, de los cuales uno (1) es de origen saprolítico y cuatro (4) son de origen diagenético. Los minerales de arcilla más comunes presentes en las muestras fueron illita, pirofilita y caolinita. Es importante destacar que los depósitos fueron analizados concentrando los minerales de arcilla, por lo que los valores del análisis RIR (Relación de Intensidad Relativa) no representan los porcentajes reales de los minerales en el depósito. Esto se debe a que el análisis RIR es un método semicuantitativo

El estudio de difracción de rayos x (DRX) permitió la observación de los minerales principales presentes en la muestra mediante el uso del método de Rietveld. Además, se llevó a cabo el estudio RIR para las muestras con el correspondiente coeficiente, resultando en valores semicuantitativos de los minerales seleccionados. Ambos estudios se correlacionaron para la interpretación y clasificación de los depósitos de arcilla en la zona de estudio. Tres (3) de las muestras extraídas se probaron en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) con el profesor Nelson Camacho, y los resultados fueron consistentes con los obtenidos en difracción de rayos X (DRX).

Los factores morfoestructurales y morfoclimáticos son favorables para la alteración de filosilicatos en illita, también se pudo encontrar en menor cantidad dickita producto de la alteración de caolinita y feldespato en los suelos meteorizados del esquisto sericíticos. Sumado a las evidencias de diferentes procesos tectónicos de la cuenca Yay, para el sector estudiado se observa un incremento en la deformación de sur a norte.

La zona de estudio ha sido explotada a lo largo de 40 años en los que en tiempo reciente se confirmó con locales la extracción de arcilla en las zonas cercanas a los puntos: 42, 41, 92 y 98, la extracción de piedra picada en zonas cercanas a los puntos 49, 116; la extracción de tierra abonada en las áreas cercanas al punto 21.

Los resultados obtenidos se incorporaron al proyecto del Atlas de Arcilla de Venezuela, adjuntando una base de datos elaborada en Excel. En esta base de datos se registraron tanto los datos recolectados en campo como los procesados en laboratorio.

### **4.3.3 RECOMENDACIONES**

El estudio de la arcilla es una tarea laboriosa debido a su complejidad, ya que puede presentar una capa continua con variaciones de textura y de valores de RIR en diversos puntos. Por lo tanto, es necesario describir y tomar muestras de manera sistemática para garantizar los mejores resultados al ser procesadas en el laboratorio. La integración de información de campo y laboratorio es fundamental para el desarrollo de una buena caracterización de arcillas. Para una caracterización más precisa se recomienda aplicar los métodos de calcinación y etilén-glicol para los depósitos delimitados.

Los diferentes ensayos realizados en el laboratorio permiten verificar la calidad de la información generada. Se recomienda llevar a cabo los siguientes análisis: tamizado, absorción atómica, fluorescencia de rayos X para la observación de óxidos, absorción de azul de metileno y difracción de rayos X. La información generada debe ser interpretada correctamente y relacionada con los factores estructurales y morfo-climáticos presentes para lograr un mayor entendimiento del área.

Se demostró que al aplicar el método de orientación de Fournier (1999) por medio de un filtro y la preparación establecido por el Proyecto y Buenas Prácticas Docentes Básicos (2020). Se obtuvieron distintos valores de score en los minerales identificados y los valores obtenidos por medio del método de Razón de Intensidades

Relativas (RIR) varían de 2 a 10% en su porcentaje. Por lo que se recomienda utilizar el método de Fournier el cual define mejor los picos de las gráficas obtenidas.

Se recomienda llevar a cabo una toma de muestra siguiendo un mallado cerrado en los depósitos descritos, también realizar perforaciones para determinar su profundidad y respectivos contactos. Con esta información se podrá realizar cálculos volumétricos y obtener las reservas del yacimiento.

Se recomienda realizar un estudio bioestatigráfico en esta región tras el hallazgo de dientes de *Actinopterygian*. Dichos dientes presentan un tamaño diminuto y su presencia no ha sido mencionado en trabajos previos realizados en la zona.

Las arcillas de la zona exhiben cualidades mineralógicas y físicas que las hacen altamente aprovechables en la industria de la arcilla. Sin embargo, los cambios en la granulometría plantean un desafío para su óptimo aprovechamiento. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo un muestreo meticuloso en áreas donde las propiedades físicas sean más favorables para el desarrollo de la industria alfarera y se deberá estudiar periódicamente sus propiedades para controlar la calidad del producto que aflora medida que se extrae material del frente de explotación.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

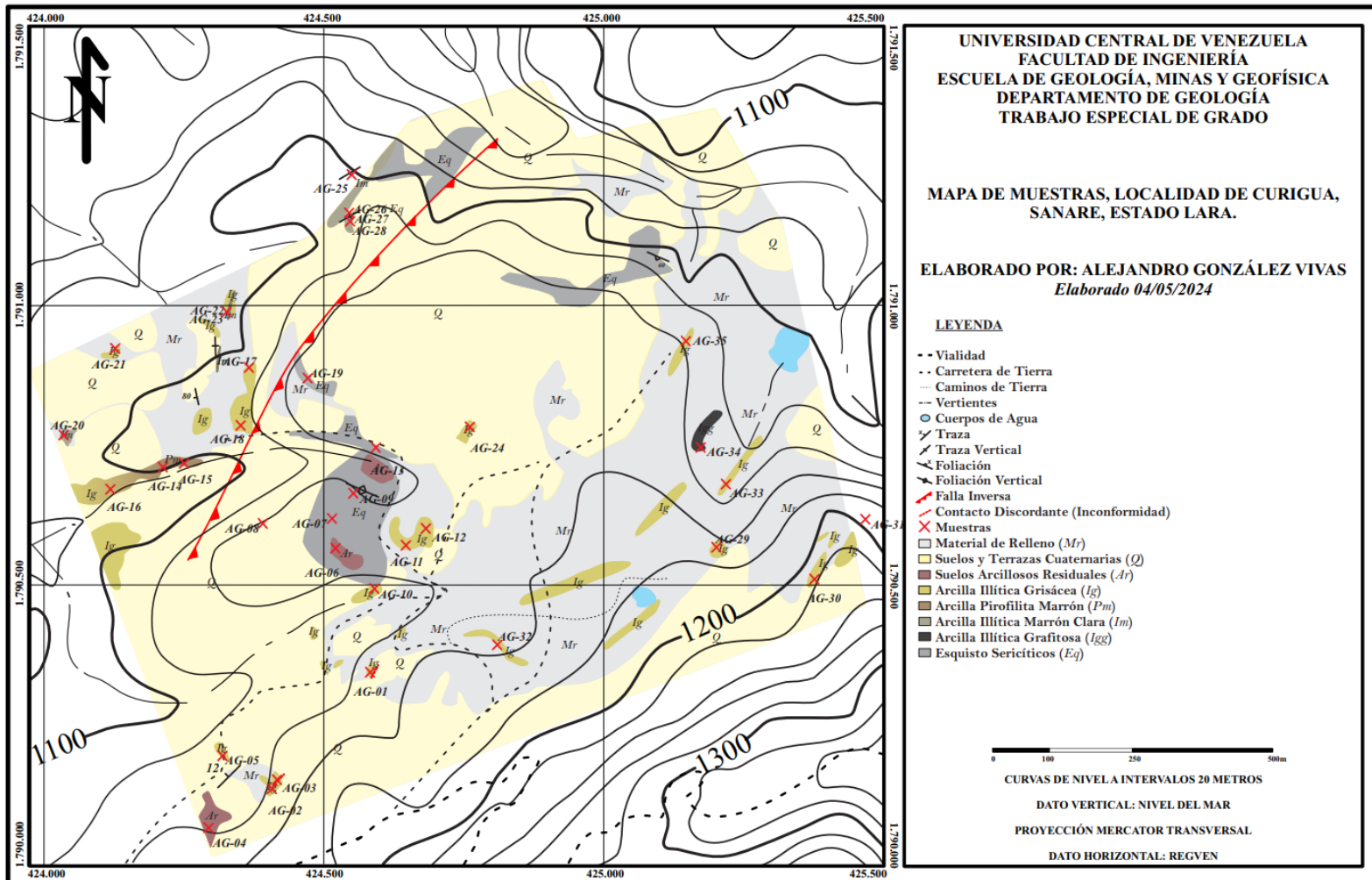
- ÁLVAREZ M., (2006). Estudio Neotectónico De Las Cuencas De El Tocuyo, Quíbor Y Yay, Estado Lara. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- AASHTO, (2014). AASHTO T-248, Standard Method of Test for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington.
- BAILEY, CHAIRMAN., (1980). Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. Department of Geology and Geophysics University of Wisconsin-Madison.
- BELLIZZIA A., GONZALEZ L., (1968). Definición de la Formación Maporita en Notas Geológicas, Bol. Geol., 9(18): 564-565.
- BERGAYA F., THENG B., LAGALY G., (2006). HandBook of Clay Science. Elsevier Science; 1er edition.
- BUSHMAN J. R., (1959). Geology of the Barquisimeto area. A summary report, Bol. Asoc. Ven. Geo. Min y Petról., 2(4): 65-84.
- BUSHMAN J. R., (1965). Geología del área de Barquisimeto, Venezuela. Bol. Geol., 6(11): 3-111.
- CAMPOS V., OSUNA S., GUEDEZ V., (1977). Geología de la región noroeste de Acarigua y al sur de la Falla de Boconó. II Congreso Lat. de Geol., Memoria 3: 1669-1681.
- CAMPOS V., OSUNA S., GUEDEZ V., (1979). Geología de la Serranía de Portuguesa, Estados Portuguesa y Lara. Bol. Geol., 13(25): 3-49.
- CAPPUCCIO M., (2021). Caracterización Mineralógica De Las Arcillas Del Estado Miranda. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- D.C.N., (1973). Hoja 6245 – II-NO Sanare I. República de Venezuela, Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Cartografía Nacional.
- C.P.C., (1965). Mapa E-5-A Geología de Superficie. Creole Petroleum Corporation, Departamento de Geología.
- FOURNIER H., (1999). Estudio De Los Minerales De Arcilla En La Sección De Agua Blanca - Altigracia de Orituco, estados Guárico y Miranda. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- GARCIA E., Las Arcillas: Propiedades Y Usos. Universidad Complutense (Madrid) Mercedes Suárez Barrios: Universidad de Salamanca.
- GINTER M., HAMPE O., DUFFIN C., (2009). Handbook of Paleoiichthyology. Volume 3D, Chondrichthyes. Munchen
- GONZÁLEZ E. (2021). Caracterización mineralógica de las arcillas del estado Carabobo. U.C.V. Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- GRANDE S., (2000). Mineralogía para geólogos. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología.
- HERRERA S., GUIJARRO G., DUQUE T., (2018). Protocolo para el muestreo de arcilla. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- INVESTI., (1963). Arcillas Industriales de Venezuela No. 3, Caracas, Venezuela.



- JEFFERSON C., (1964). Post-Eoceno entre Quíbor y Sanare, Estado Lara. Bol. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petr., 7(7): 218-223.
- KERSTIN E., RODRIGUEZ C., RUIZ E., IBANEZ A., CARDELL C., BLANC M., SAEZ M., CULTRONE G., BEL P., (2020). Análisis cualitativo y cuantitativo aplicados a los materiales del Patrimonio Histórico, Proyecto de Innovación y Buenas Prácticas Docentes Básicos 2020-2021, Universidad de Granada.
- KISCH H. J., (1983). Mineralogy and petrology of burial diagenesis (burial metamorphism) and incipient metamorphism in clastic rocks. En: LARSEN, G. & CHILINGAR, G. (1983) Diagenesis in sediments and sedimentary rocks, 2. Elsevier, Amsterdam, 572 pp.
- KISCH, H. J., (1991). Illite crystallinity: recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings, and interlaboratory samples. Journal Metamorphic Geology, 9: 665 - 670.
- KISER, G. D., (1997). Nuevas contribuciones a la geología de Barinas-Apure y su frente de montañas. En prensa.
- KUMAR P., Advanced Physical Tools and Techniques: PHYS5002. Department of Physics Mahatma Gandhi Central University, Bihar.
- KUMARI N., MOHAN C., (2021). Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties Bentonites. SBAS, K. R. Mangalam University, Gurugram, India.
- LI Z., SCHIEBER J., BISH D., (2019). Decoding the origins and sources of clay minerals in the Upper Cretaceous Tunink Shale of south-central Utah: Implications for the pursuit of climate and burial histories. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University, Bloomington, IN, USA
- MOORE D., REYNOLDS J., (1989). X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University of Press, Oxford, 332 pp.
- NARSILIO G., SANTAMARINA J., (2004). Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones. Georgia Institute of Technology. 790 Atlantic Dr., Atlanta, GA. 30332. USA, 18 p
- PADRÓN M., (2021). Caracterización mineralógica de las arcillas del estado Aragua. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- PDVSA INTEVEP (1999), Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela. Petróleos de Venezuela, S.A.
- SANTAMARIA C., GUILLERMO A. (2004). Clasificación de Suelos: Fundamento Físico, Prácticas Actuales y Recomendaciones. Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- SALAS, J., (2021). Estudio Para La Caracterización Geológica De Arcillas En El Área Metropolitana De Caracas. U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.
- S.G.C. (2017). GU-SUB-REC-15, Muestreo de Suelos para Estudio de Procesos Geoquímicos. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SHARAGER B., MARINSHAW R., (1994). Ap-42 Section 11.25 Clay Processing. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards.
- SANTANA E., (2020). El Suelo Es Algo Más De Lo Que Pisamos. STEAM-ESPANOL, Hive Blog. <https://hive.blog/hive-196387/@eliaschess333/me-gustar-a-conocer-te-un-poco-m-s-querida-arcilla--1589785549>. Consultado el 02/03/2024
- TEIXEIRA L., (2023). Caracterización mineralógica de las arcillas del estado la guaira. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado.

## 6 APENDICE MAPAS E IMÁGENES

### 6.1 Mapa de Muestras, Localidad de Curigua, Sanare, Estado Lara.



## 6.2 Mapa Temático, Localidad de Curigua, Sanare, Estado Lara.

