



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLOGÍA  
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO  
PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO**



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA LA  
ESPERANZA, AFLUENTE DEL RÍO PAO, PARROQUIA  
GUARATARO, MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES: REIS R.  
RAQUEL S., Y RIVAS R. LUIS  
A., PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLIVAR, DICIEMBRE 2023**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIA DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, titulado: “**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA QUEBRADA LA ESPERANZA, AFLUENTE DEL RIO PAO, PARROQUIA GUARATARO, MUNICIPIO SUCRE, ESTADO BOLÍVAR**” presentado por los bachilleres **Reis R., Raquel S.M.** cédula de identidad N° **26.048.718** y **Rivas R., Luis A.** cédula de identidad N° **25.345.810** Como requisito parcial para optar a los títulos de **GEÓLOGO E INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Prof. Rosario Rivadulla _____ (Asesor)	_____  _____  _____
_____ (Jurado)	_____  _____
_____ (Jurado)	_____  _____
_____ Prof. Monteverde, Francisco Jefe del Dpto. de Ingeniería Geológica	_____ Prof. Monteverde, Francisco Director de la Esc. de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Diciembre de 2023.

## **DEDICATORIA**

*A mi Dios Todopoderoso*

*A mi madre Magdalene Rodrigues*

*A mi tutora Rosario Rivadulla*

*Raquel S. Reis.*

## **DEDICATORIA**

*A mi Dios todo poderoso*

*A mis padres Asdrubal Rivas y Yusmelis Rios*

*A mi hermano menor Carlos Eduardo Rivas*

*A mis tios José Gregorio Guzmán y Dalia Mildred Rios*

*A mis abuelas Candelaria Marcano y Gloria Vidal*

*A mi tutora Rosario Rivadulla*

*Luis A. Rivas*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios Todopoderoso*

*A mi madre Magdalene Rodrigues por apoyarme, alentarme, cuidarme, motivarme y nunca dejarme sola en todo mi recorrido de estudiante, simplemente nunca me va alcanzar la vida para agradecerle todo lo que ha hecho por mí a lo largo de mi vida*

*A mi querido amigo Anthony Lascano que fue una ayuda fundamental en la elaboración de este trabajo de grado.*

*A la Universidad de Oriente por permitirme encontrarme con maravillosas personas como lo son mis compañeros, mis amigos y profesores que fueron de gran ayuda para mi formación profesional.*

*A mi novio Luis Rivas*

*A nuestra tutora, Rosario Rivadulla*

*Raquel S. Reis.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi Dios todo poderoso*

*A mis padres, Asdrubal Rivas y Yusmelis Rios pilares fundamentales en mi desarrollo académico y en la educación de hogar adquirida por ellos*

*A mis tios, José Gregorio Guzmán y Dalia Mildred Rios por acogerme como un hijo y enseñarme los valores primordiales del esfuerzo y la constancia*

*A mi tío, Pedro Luis Rios Marcano profesor de la casa más alta, por todo el apoyo incondicional que me transmitió a lo largo de mi carrera*

*A mi Amiga, Paola Del Jesús Franco, por ser una persona incondicional en toda mi carrera universitaria*

*A mi amigo, Carlos Ramírez La Cruz por ser de gran ayuda en la realización de este trabajo de grado*

*A la Universidad de Oriente, porque en ella logre crecer como persona y también profesionalmente*

*A mi tutora Rosario Rivadulla, por acompañarnos en esta travesía que implica la realización de un trabajo de grado*

*A todas aquellas personas que aportaron algo positivo en mi carrera estudiantil*

*Luis A. Rivas*

## RESUMEN

El Escudo de Guayana es una provincia fisiográfica que constituye el 45% de la superficie territorial total de Venezuela, las rocas que lo constituyen integran una de las formaciones geológicas más antiguas del mundo, debido a su gran extensión existen muchas zonas de interés geológico de las cuales hay escasa información a detalle como lo es la zona donde se ubica la quebrada La Esperanza, por lo tanto el objetivo de este trabajo es “realizar la caracterización geológica de la quebrada La Esperanza, afluente del río Pao, parroquia Guarataro, municipio Sucre, Estado Bolívar” valiéndose de la identificación de las unidades geológicas y estructuras geológicas presentes mediante levantamiento geológico de superficie, clasificación de estructuras geológicas asociadas a las rocas presentes también mediante levantamiento geológico de superficie, clasificación de los suelos presentes, descripción morfosférica de los sedimentos mediante el "Método Al Azar de Pettijohn", descripción macroscópica de las rocas, elaboración de mapa geológico basado en el levantamiento geológico de superficie de la quebrada La Esperanza, a través del programa GOLDEN SURFER. Obteniendo como resultados que existen tres unidades litológicas como lo son el Complejo de Imataca, la Formación Mesa, y los Sedimentos Recientes; las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas y foliaciones; los sedimentos que conforman se clasifican como “arenas muy finas a medias” y “arenas finas a gruesas”; la descripción morfosférica indica que los sedimentos presentan en general "moderado transporte" y en menor medida "poco transporte"; las rocas de los afloramientos rocosos presentes en su mayoría son gneis y gneises graníticos de grano medio a fino; y en menor proporción cuarzos y anfibolitas; finalmente en el mapa geológico se aprecian existentes entre las unidades geológicas de la zona de estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	vii
TABLA DE CONTENIDO .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABLAS .....	xiii
LISTA DE APÉNDICES .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR .....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de Investigación.....	4
1.4 Alcance de la investigación .....	5
1.5 Limitaciones de la Investigación .....	5
CAPÍTULO II .....	6
GENERALIDADES .....	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio .....	6
2.2 Acceso al área de estudio .....	7
2.3 Características físico–naturales .....	7
2.3.1 Vegetación .....	7
2.3.2 Geomorfología .....	7
2.3.3. Clima .....	9
2.3.4. Precipitación.....	10
2.3.5. Evaporación .....	11
2.3.6 Temperatura media del aire.....	12

2.3.7. Humedad relativa media anual.....	13
2.3.8. Dirección prevaleciente del viento.....	14
2.4 Geología regional.....	15
2.5 Geología local.....	16
2.5.1. Provincia geológica de Imataca .....	16
2.5.2 Formación Mesa.....	19
2.5.3 Aluviones .....	20
CAPÍTULO III .....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
3.1 Antecedentes de la investigación.....	21
3.2 Fundamentos teóricos .....	22
3.2.1 Características físico naturales de una región natural.....	22
3.2.2 Características de los sedimentos.....	23
3.2.3 Diaclasas .....	24
3.2.3.1 Tipos de diaclasas.....	24
3.2.3.2 Familias de diaclasas .....	25
3.2.3.3 Sistema de diaclasas .....	26
3.2.4 Análisis morfoscópio .....	26
3.2.5 Redondez.....	27
3.2.6. Análisis granulométrico por el método del tamizado .....	28
3.2.7 Diagrama de Rosas.....	29
3.3 Definición de términos básicos .....	30
3.3.1 Gneis .....	30
3.3.2 Tonalita .....	30
3.3.3 Rumbo y buzamiento .....	30
3.3.4. Sedimento.....	31
3.3.5. Mapa geológico.....	31
3.3.6. Provincia geológica.....	32

CAPÍTULO IV .....	33
METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	33
4.1. Tipo de investigación .....	33
4.2. Diseño de la investigación.....	34
4.3. Población y Muestra .....	34
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	35
4.4.1. Técnicas de recolección de datos .....	35
4.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	36
4.5. Etapas de la investigación .....	36
4.5.1. Etapa I: fase de oficina.....	38
4.5.2 Etapa II: fase de campo .....	38
4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio .....	39
4.5.2.2 Levantamiento geológico de superficie.....	39
4.5.2.3 Toma de fotografías de campo y recolección de muestras.....	40
4.5.3. Etapa III: fase de procesamiento de datos (oficina y laboratorio) .....	42
4.5.3.1 Identificación y organización de las muestras de campo .....	42
4.5.3.2 Descripción de las estructuras geológicas .....	43
4.5.3.3 Elaboración de diagrama de rosas .....	43
4.5.3.4 Análisis morfoscópico de las muestras de campo .....	44
4.5.3.5 Elaboración del mapa geológico .....	45
4.5.4 Etapa IV: Ejecución o desarrollo del proyecto .....	46
CAPÍTULO V .....	47
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	47
5.1 Descripción de las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio .....	47
5.1.1 Complejo de Imataca – Precámbrico - Arquezoico .....	47
5.1.2 Formación Mesa – Cuaternario - Pleistoceno .....	49
5.1.3 Sedimentos del Reciente – Cuaternario - Reciente .....	49
5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes .....	50

5.3 Clasificación de los sedimentos del río de acuerdo a las texturas .....	54
5.3.1 Análisis granulométrico de los sedimentos de los ríos y de Formación Mesa .....	54
5.4 Análisis morfoscóptico de los sedimentos del río y de la formación Mesa .....	56
5.4.1 Morfoscopía de la muestra del río Pao .....	56
5.4.2 Morfoscopía de la muestra de la quebrada La Esperanza .....	57
5.4.3 Morfoscopía de la muestra C1M1 de la Formación Mesa .....	58
5.4.4 Morfoscopía de la muestra C2M1 de la Formación Mesa .....	58
5.4.5 Morfoscopía de la muestra C2M2 de la Formación Mesa .....	59
5.4.6 Morfoscopía de la muestra C3M1 de la Formación Mesa .....	60
5.4.3 Morfoscopía de la muestra C3M2 de la Formación Mesa .....	61
5.5 Estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos .....	62
5.5.1 Diaclasas .....	63
5.5.2 Foliaciones .....	63
5.6 Análisis de los diagramas de rosas de las estructuras geológicas .....	64
5.6.1 Diagramas de rosas de los afloramientos 1, 2 y 3, estaciones 1, 2 y 5 .....	64
5.6.2 Diagramas de rosas del afloramiento 1, estación 2 .....	65
5.6.3 Diagramas de rosas del afloramiento 2, estación 1 .....	66
5.6.4 Diagramas de rosas del afloramiento 3, estación 5 .....	67
5.6.5 Diagramas de rosas de los afloramientos 2 y 3, estaciones 1 y 5 .....	68
5.7 Análisis del mapa geológico de superficie .....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
Conclusiones .....	72
Recomendaciones .....	74
REFERENCIAS .....	75
APÉNDICES .....	78

## LISTA DE FIGURAS

2.1. Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente hojas cartográficas 7239 (Mapire) y 7338 (Las Majadas) a escala 1:100.000. ....	6
2.2. Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza V. 2005).....	15
2.3. Extensión de provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005).....	17
2.4. Fajas del Complejo de Imataca al sur del río Orinoco (Ascanio, G. 1975). ....	19
3.1. Tipos de diaclasas (Wolfgang, G. (2001).....	25
3.2. Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010).....	25
3.3. Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).....	26
3.4. Tipos de redondez de partículas (Powers, 1963 en Barredo, S. 2019).....	27
3.5. Juego de tamices usados para la clasificación de un sedimento (Bosch, M. 2017) .....	28
3.6. Roseta de diaclasas (Wolfgang, G., 2001). ....	29
3.7. Medicion de rumbo y buzamiento (Tarbuck, J. 2005) .....	31
4.1. Flujoograma de actibidades de las etapas de la investigación. ....	37
4.2. Identificación de unidades geológicas.....	39
4.3. Rio Pao. ....	40
4.4. Quebrada La Esperanza.....	41
4.5. Afloramientos rocosos.....	41
4.6. Muestras de sedimentos identificados.....	42
4.7. Muestras de sedimentos identificados.....	43
4.8. Representación del material retenido en el tamiz N° 35 por cada muestra. ....	44
4.9. Tablilla de conteo de partículas y porta-objeto para colocación de muestras. ....	45
5.1. Afloramientos del Complejo de Imataca presentes en el área de estudio. ....	48
5.2. Formación Mesa presente en el área de estudio. ....	49
5.3. Gneis Granítico Tonalítico del complejo de Imataca .....	53
5.4. Cuarzo Blanco con tonos rojo claro, anfibolita del complejo de Imataca .....	54
5.5. Diagrama de rosas de los afloramiento 1, 2 y3, estaciones 1,2 y 5.....	65
5.6. Diagrama de rosas del afloramiento 1- Estación 2.....	66
5.7. Diagrama de rosas del afloramiento 2, estación 1.....	67
5.8. Diagrama de rosas del afloramiento 3, estación 5.....	68
5.9. Diagrama de rosas de las foliaciones de los afloramientos 2 y 3, estaciones 1 y 5. .....	69
5.10. Mapa geológico del área de estudio. ....	71

## LISTA DE TABLAS

2.1. Precipitación del estado Bolívar del 2008-2009. Fuente: Ministerio del Ambiente, 2009).....	10
2.2. Resumen de la evaporación de la estación Ciudad Bolívar (Fuente: FAV, 2007). .....	11
2.3. Resumen de la temperatura de la estación Ciudad Bolívar. Fuente: FAV, 2006-2007.....	12
2.4. Resumen de la humedad de la estación Ciudad Bolívar (FAV, 2006-2007). .....	13
2.5. Resumen de la dirección del viento, estación Ciudad Bolívar (FAV, 2006). .....	14
5.1. Estaciones de trabajo del área de estudio. ....	47
5.2. Clasificación macroscópica de las muestras de rocas. ....	50
5.3. Clasificación petrográfica de las muestras A1M1, A1M2, A1M3 y A1M4. ....	51
5.4. Clasificación petrográfica de las muestras A2M5, A2M6, A2M7 y A2M8 .....	52
5.5. Clasificación petrográfica de las muestras A3M9 y A3M10. ....	53
5.6. Resultados de los análisis granulométricos. ....	55
5.6. Porcentaje de partículas por la morfoscopía de la muestra del río Pao. ....	57
5.7. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la quebrada la Esperanza .....	58
5.8. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C1M1. ....	59
5.9. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C2M1. ....	59
5.10. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C2M2 .....	60
5.11. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C3M1. ....	61
5.12. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C3M2. ....	62
5.12. Diaclasas pertenecientes a los afloramientos 1, 2 y 3. ....	63
5.13. Foliaciones pertenecientes a los afloramientos 2 y 3. ....	63
5.14. Datos de las diaclasas de las estaciones 1, 2 y 5. ....	64
5.15. Datos de las foliaciones de las estaciones 1, 2 y 5. ....	68

## LISTA DE APÉNDICES

### **A CURVAS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

A.1. Curva de distribución granulométrica de la muestra del río Pao. ....	80
A.2. Curva de distribución granulométrica de la muestra de la quebrada La Esperanza. ....	81
A.3. Curva de distribución granulométrica de la muestra C1M1. ....	82
A.4. Curva de distribución granulométrica de la muestra C2M1. ....	83
A.5. Curva de distribución granulométrica de la muestra C2M2. ....	84
A.6. Curva de distribución granulométrica de la muestra C3M1. ....	85
A.7. Curva de distribución granulométrica de la muestra C3M2. ....	86

### **B DISTRIBUCIÓN DE FORMAS DE LAS PARTÍCULAS**

B.1. Distribución de formas de partículas de la muestra margen izquierdo del río Pao. ....	88
B.2. Distribución de formas de partículas de la muestra margen izquierdo de la quebrada La Esperanza. ....	88
B.3. Distribución de formas de partículas de la muestra C1M1. ....	89
B.4. Distribución de formas de partículas de la muestra C2M1. ....	89
B.5. Distribución de formas de partículas de la muestra C2M2. ....	90
B.6. Distribución de formas de partículas de la muestra C3M1. ....	90
B.7. Distribución de formas de partículas de la muestra C3M2. ....	91

## INTRODUCCIÓN

El Cratón de Guayana está compuesto por cuatro provincias geológicas, de la más antigua a la más joven el orden sería: Imataca, Pastora, Cuchivero y la más reciente, Roraima.

La Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico, se caracteriza por filas alargadas de cuarcitas ferruginosas anfibolíticas y granulíticas, migmatitas, charnockitas y algunos mármoles dolomíticos del Complejo Imataca, que ocupa zonas montañosas con alturas superiores a los 40 msnm. Esta se extiende desde SO-NE desde las proximidades del río Caura hasta el delta del Orinoco y en la dirección NO-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 50 km.

El objetivo General de este trabajo de grado es “Caracterizar geológicamente La Quebrada La Esperanza, afluente del río Pao, parroquia Guarataro, municipio Sucre, estado Bolívar, por lo cual se establecieron los siguientes objetivos específicos: a) describir las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio, mediante la inspección directa en campo, b) describir macroscópicamente las rocas aflorantes mediante la inspección ocular en puntos de reconocimiento geológico de superficie, c) clasificar los sedimentos del río de acuerdo a las texturas, d) clasificar petrográficamente las rocas pertenecientes a los afloramientos mediante análisis macroscópico, e) Identificar las principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos realizando chequeos de campo, g) realizar análisis geoestadístico de las mediciones de las actitudes geológicas de las estructuras, elaborando el diagrama de rosas, h) representar en un mapa geológico de superficie las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en campo.

El principal alcance de este trabajo de grado es el aporte de información a la data geológica del área en estudio, lo que también se transforma en información útil para futuros estudios del área en cuestión y sus adyacencias.

La investigación está estructurada en cinco (5) capítulos:

Capítulo I, en el que se plantea el problema que motivó la investigación, los objetivos para desarrollar la investigación y la importancia de la solución de éste.

Capítulo II, el cual contiene las generalidades del proyecto.

Capítulo III, corresponde a las bases teóricas necesarias para explicar los fundamentos o teorías utilizadas para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Capítulo IV, donde se explican todos los procesos usados para recopilar la información.

Capítulo V, en el cual se exponen los análisis de los resultados.

Cumplidos los cinco (5) capítulos tal y como se exige, se plantearon las conclusiones y recomendaciones que surgieron luego de realizar la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La zona propuesta para este trabajo de grado es la quebrada La Esperanza que es un afluente del Rio Pao, ubicada en el Fundo La Esperanza. Las estructuras geológicas determinan el desarrollo del relieve terrestre, donde las masas de roca poseen algunas características o aspectos que constituyen una estructura, los sedimentos nos pueden aportar información de las partículas que este arrastra para saber qué forma tienen esas partículas y que tipo de transporte sufrieron o puedan sufrir. La geología estructural nos permite comprender el origen cronológico y los eventos ocurridos en el pasado.

En el reconocimiento de campo se encontró una variedad de rocas meteorizadas, interesantes de conocer su composición mineralógica y clasificarlas; por lo que se plantea realizar el presente estudio.

### **1.2 Objetivos de la investigación**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar la caracterización geológica de la Quebrada La Esperanza, Afluente del Rio Pao, Parroquia Guarataro, Municipio Sucre, Estado Bolívar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Describir las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio, mediante la inspección directa en campo.

2. Describir macroscópicamente las rocas aflorantes mediante la inspección ocular y observación con lupa.

3. Clasificar los sedimentos del río de acuerdo a las texturas usando los datos del análisis granulométrico por tamizado.

4. Identificar las principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos realizando chequeos de campo.

5. Realizar análisis geoestadístico de las mediciones de las actitudes geológicas de las estructuras, elaborando el diagrama de rosas.

6. Representar en un mapa geológico de superficie las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en campo.

### **1.3 Justificación de Investigación**

Con la realización de esta investigación se podrá identificar las estructuras y patrones geológicas que presenta el área de estudio, también las texturas y composición mineralógicas de las rocas que se encuentra en la superficie del campo y los sedimentos ubicados cerca del río para así poder describir a mayor detalle las

características geológicas que presenta la quebrada La Esperanza, afluente del río Pao.

Con este estudio que se realizará en esta zona será posible incrementar o expandir la información geológica con el propósito de alimentar las investigaciones regionales ya hechas por diferentes autores y con los aportes de datos de otros trabajos.

#### **1.4 Alcance de la investigación**

Esta investigación se realizara análisis mineralógicos a los sedimentos del río, y un análisis petrográfico a las rocas pertenecientes a los afloramientos, elaboración de un mapa geológico de superficie a las unidades estratigráficas aflorantes y estructuras observadas en campo.

#### **1.5 Limitaciones de la Investigación**

El aspecto más resaltante que podría limitar el desarrollo de este trabajo de investigación sería la dificultad para obtener vehículo de transporte hacia la zona de estudio, debido a la problemática para el suministro de combustible (gasolina).

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

A continuación, se describen los aspectos relacionados al área de estudio tales como: ubicación geográfica, acceso, características físico-naturales y la geología (regional y local).

#### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en Venezuela - Estado Bolívar, hacia el Noroeste del Municipio Sucre en el sector La Hamaca, parroquia Guarataro, carretera Ciudad Bolívar - Caicara del Orinoco (Figura 2.1).

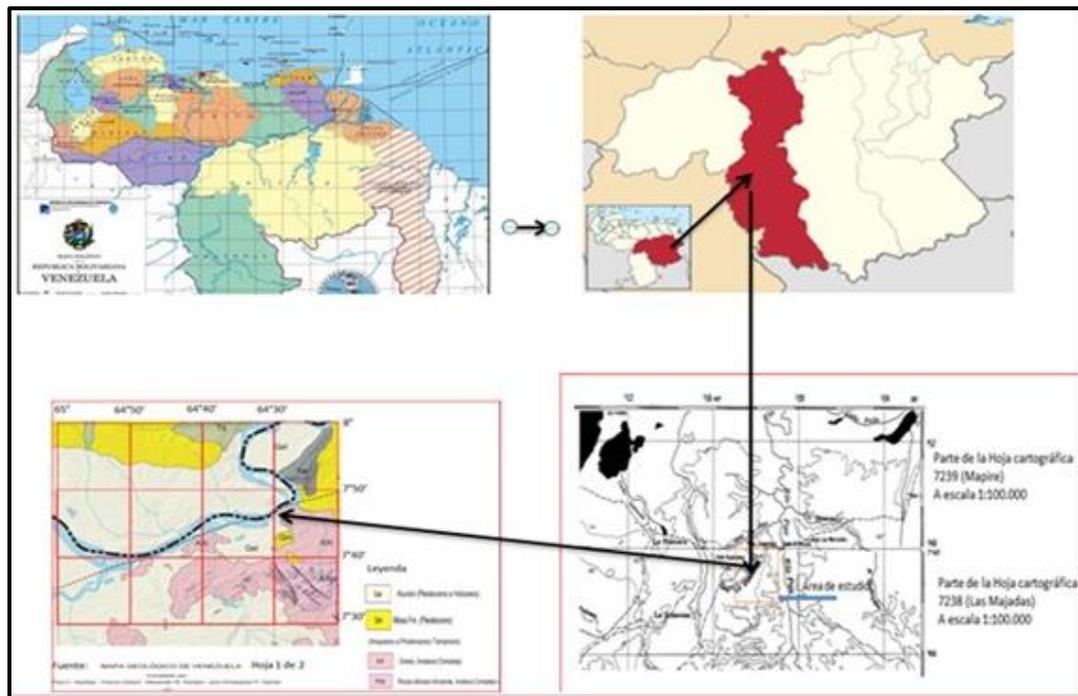


Figura 2.1. Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente hojas cartográficas 7239 (Mapire) y 7338 (Las Majadas) a escala 1:100.000.

## **2.2 Acceso al área de estudio**

El acceso a la zona de estudio se realiza primeramente a través de la carretera Nacional asfaltada Troncal 19, la que comunica a Ciudad Bolívar con Caicara del Orinoco, luego se toma el desvío en el cruce de las majadas, posterior a eso se toma un desvío hacia el este ubicado aproximadamente a 15 km del cruce de las majadas, al recorrer 10 km en carretera de arena nos encontramos con otro desvío hacia el este que nos lleva directamente al sector la Hamaca y se sigue el curso hacia el norte aproximadamente 30 km hasta llegar a la finca la esperanza.

## **2.3 Características físico–naturales**

### **2.3.1 Vegetación**

En el área de estudio la formación vegetal más importante es la del Bioclima Tropofilo Macrotérmico son bosques bajos, medios y arbustos relictos, o producto de la intervención agrícola y pecuaria de tipo extensivo muy acentuadas en la zona. También se encuentran, en condiciones edáficas particulares, bosques de galerías (CVG Tecmin., 1991).

### **2.3.2 Geomorfología**

La geomorfología de la zona de estudio se caracteriza por ser un relieve de planicie, donde los rasgos geomorfológicos predominantes son las mesas o planicies, las colinas (lomeríos) de escasa altura, llanura aluvial y valles. Dentro del relieve de colinas encontramos una topografía ondulada a escarpada con pendientes locales que pueden variar entre 4 y 20%. A este tipo de paisaje pertenecen los afloramientos rocosos de Imataca que afloran en la zona (CVG Tecmin, 1991).

El paisaje de mesa ocupa la mayor parte. Está conformado por mesetas individualizadas por efectos de erosión regresiva. Constituyen medios de ablación que aportan la mayor parte del material detrítico movilizable a nivel local (CVG Tecmin, 1991).

Desde el punto de vista estructural las rocas del Complejo Imataca forman un cinturón con dirección Este- Noreste de 65 a 130 km. de ancho y 510 de largo. Las rocas están fuertemente deformadas y plegadas, algunas en pliegues isoclinales comprimidos, los que a su vez han sido replegados en otros pliegues más amplios. De la misma manera, predomina la presencia de dos sistemas de fallas, uno en dirección Noroeste y otro orientado en dirección Noreste; en ambos sistemas, las fallas presentan una extensión que sobrepasa los 6 Km. de longitud; siendo las más representativas, las siguientes:

1. Falla de Gurí: es el rasgo megatectónico más relevante del Escudo de Guayana, puede reconocerse en superficie por unos 400 Km. con rumbo N60-70° E, separa a la Provincia Geológica Imataca, al Norte, de la Provincia Geológica Pastora, al Sur.

2. Falla del río Carapo: controla estructuralmente a las aguas del río Carapo y se extiende en dirección E-W hasta interceptar la falla de Gurí, afectando la falda Norte del Cerro Bolívar.

2. Falla de Santa Bárbara: también con rumbo aproximado: E-W, se localiza aproximadamente a 80 km. de la población de Laja Negra; esta falla parece controlar las aguas del río Santa Bárbara, por espacio de unos 8 a 9 km. al Sureste de la población del mismo nombre. Esta falla inversa constituye el límite principal entre los terrenos de Imataca y Carichapo al Sur de Ciudad Piar (Kallioski, 1965) en C.V.G TECMIN (1988).

4. Falla de río Claro: se extiende en dirección E-W, aproximadamente al Sur del Puente de río Claro, cortando la carretera de Ciudad Piar y la vía ferroviaria. Presenta una zona de rocas trituradas que incluyen milonitas, de unos 300 metros de ancho.

### **2.3.3. Clima**

Para la clasificación climática del sector la hamaca, se utilizaron los datos de las variables climatológicas registradas en la estación meteorológica de Ciudad Bolívar, ubicada en el aeropuerto de esa Ciudad, por ser esta la estación más cercana a la zona en estudio, dicha estación es de tipo C1 (registra precipitación, evaporación, temperatura, radiación, insolación, humedad relativa y velocidad media del viento), y es manejada por la Servicio meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV), (2006).

Según la clasificación climática propuesta por Thornthwaite (1948), citado por la Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera (CVG Tecmin, 1991); el área de estudio presenta un clima seco, semiárido con poco o ningún exceso de agua, mega térmico o cálido, caracterizado por un periodo de lluvia y otro de sequía, bien definido; y menos de 48% de concentración de la eficiencia térmica en verano.

De acuerdo a la clasificación de Holdriganes, citado por CVG Tecmin, (1991) el área en su parte Sur pertenece al bioclima de Bosque tropical muy seco (Bms-T), con áreas de transición o tendencia al Bosque seco tropical (Bs-T), en donde las precipitaciones varían entre 1.000mm y 1.100mm, la temperatura media oscila entre 26°C Y 27°C y la evaporación media anual supera los 2.000mm.

A continuación, se describe el comportamiento de cada una de las variables climatológicas: precipitación, evaporación, temperatura, radiación, humedad relativa y velocidad media del viento.

#### 2.3.4. Precipitación

Se presentará el registro climático, cuya precipitación data de los años 2008 y 2009 (Tabla 2.1). Para el año 2008, la precipitación media anual es mayor con respecto a la del año 2009. Presentándose las mayores precipitaciones en el mes de Julio del año 2008, y en el mes de octubre del año 2009. Esto se debe a que estos meses pertenecen al período de lluvia (Ministerio del Ambiente, 2003).

Tabla 2.1. Precipitación del estado Bolívar del 2008-2009. Fuente: Ministerio del Ambiente, 2009).

Precipitación (mm)		
Año	2008	2009
Enero	15,9	75,5
Febrero	24,2	85
Marzo	19,6	4,5
Abril	25,5	0
Mayo	97,4	11,3
Junio	72,7	68,5
Julio	373,4	181,5
Agosto	89,8	39,9
Septiembre	177,2	122,8
Octubre	70	126,8
Noviembre	55,9	6,8
Diciembre	9,3	50,7
Media anual	85,91	64,44

### 2.3.5. Evaporación

La evaporación en la zona es bastante elevada durante todo el año, con los valores medio anual de 821 (año 2006). Los meses de mayor evaporación son marzo, abril y mayo; lo cual se debe a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como el sensible aumento de la velocidad del viento en esos meses. Por otra parte, la evaporación registra su valor más bajo durante los meses de junio y Julio (Fuente: FAV., 2006).

Para el año 2007 no se obtuvieron datos debido a que el instrumento de medición se encontraba dañado (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Resumen de la evaporación de la estación Ciudad Bolívar (Fuente: FAV, 2007).

<b>Evaporación (mm)</b>		
<b>Año</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Enero	104	Instrumento dañado
Febrero	131	
Marzo	184	
Abril	131	
Mayo	125	
Junio	76	
Julio	70	
Agosto	Instrumento dañado	
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Media. Anual	821	

### 2.3.6 Temperatura media del aire

Para caracterizar la temperatura del aire, se utilizó la metodología de relacionar la variación de la temperatura con la altitud. El período climático está comprendido entre 2006-2007 (2 años). La temperatura media anual en el área es de 28,1°C (año 2006). El valor más alto se da en el mes de abril con un 29.3°C y los menores valores de temperatura se representan en los meses de junio y Julio. Mientras que para el año 2007 la temperatura media anual es 64.44 °C, registrándose un incremento de la temperatura en el mes de septiembre, en una zona intertropical (Fuente: FAV., 2006) (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Resumen de la temperatura de la estación Ciudad Bolívar. Fuente: FAV, 2006-2007.

<b>Temperatura °C</b>		
<b>Año</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Enero	39	75,5
Febrero	32,6	85
Marzo	28	40,5
Abril	29,3	0
Mayo	28,5	11,3
Junio	27,2	68,5
Julio	27,1	181,5
Agosto	27,8	39,9
Septiembre	28,4	122,8
Octubre	28,9	126,8
Noviembre	28,4	6,8
Diciembre	27,5	50,7
Media anual	28,1	64,44

### 2.3.7. Humedad relativa media anual

El periodo de registro climático utilizado para caracterizar la humedad relativa media anual, fue para los años 2006-2007 (2 años). La humedad relativa anual fue de 78% (año 2006) la cual se consideró menor con respecto a la del año 2007 que fue de 80%. Sin embargo, para ambos años los valores máximos se registraron en los meses de junio, Julio, Agosto (FAV., 2006) (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Resumen de la humedad de la estación Ciudad Bolívar (FAV, 2006-2007).

<b>Humedad %</b>		
<b>Año</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Enero	76	78
Febrero	74	73
Marzo	71	72
Abril	70	68
Mayo	78	74
Junio	84	84
Julio	87	86
Agosto	83	84
Septiembre	76	84
Octubre	79	85
Noviembre	77	85
Diciembre	79	89
Media Anual	78	80

### 2.3.8. Dirección prevaleciente del viento

La dirección prevaleciente del viento registró un valor medio anual de 70 (año 2006 y 2007). Los valores máximos se registraron en los meses de mayo y Septiembre (año 2006), mientras que para el año 2007 los meses de máxima dirección del viento fueron: Abril, mayo y Agosto (FAV., 2006) (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Resumen de la dirección del viento, estación Ciudad Bolívar (FAV, 2006).

<b>Dirección prevalente del viento</b>		
<b>Año</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Enero	110	70
Febrero	110	70
Marzo	90	70
Abril	140	90
Mayo	140	90
Junio	110	70
Julio	70	70
Agosto	70	90
Septiembre	120	70
Octubre	70	70
Noviembre	70	70
Diciembre	70	70
Media. Anual	70	70

## 2.4 Geología regional

En Venezuela, el Escudo de Guayana se extiende por los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro, ocupando así más del 60% del territorio venezolano (Mendoza, V. 2005).

Tomando en consideración los caracteres petrológicos y tectónicos del Escudo, se ha dividido en Venezuela en cuatro provincias conocidas como: Imataca, Pastora, Cuchivichero y Roraima, denominadas así por (Menéndez, 1968 en Mendoza, V. 2005) (Figura 2.2).

Petrográficamente, la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico; Pastora a los cinturones de rocas verdes; Cuchivero a las grandes extensiones de granito Orogénico y Post-orogénico y Roraima a la cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a la Provincia de Pastora o Cuchivero. (Mendoza, V. 1974), citado en (Mendoza, V. 2005).

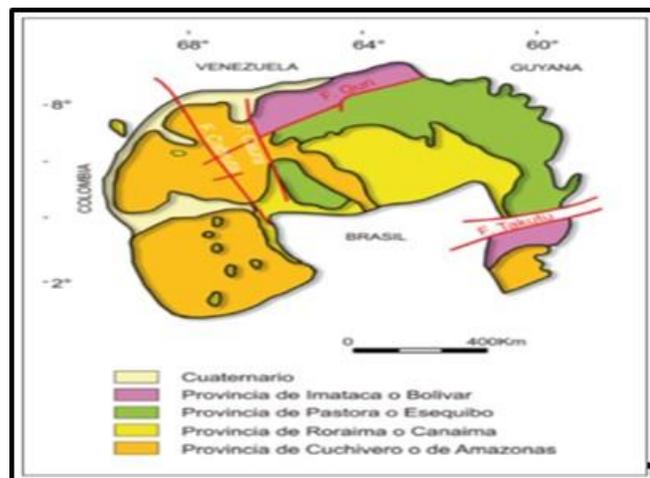


Figura 2.2. Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza V. 2005).

## **2.5 Geología local**

### **2.5.1. Provincia geológica de Imataca**

La provincia geológica de Imataca (PI) (Figura 2.3) se extiende en dirección SW-NE, desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE, aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 km y 80 km (Mendoza, V. 2005).

En Venezuela está caracterizada por granulitas, anfibolitas y migmatitas se componen de granulitas y gneises félsicos hasta en un 60%; granulitas máficas y ultramáficas, hasta en un 20% y cantidades menores de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, BIF, mármoles plataformales poco profundos con depósitos asociados de manganeso, charnockitas y anortositas ricas en cromo, gabros con níquel y cobre, equivalentes metamorfizados de komatitas y/o peridotitas ricas en níquel, equivalentes de piroxenitas con níquel, cromo, platinoídes y rocas graníticas tonalíticas (Mendoza, V. 2005).

Imataca con gneises anfibolíticos y granulitas, son consideradas por Cordani y otros (2000), Tassinari y otros (2000), en Mendoza, V. 2005; como alóctonos, bien sea en terrenos Arqueozoicos o bien sea en áreas proterozoicas.

Litológicamente la PI está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados y más jóvenes de CRV-TTG gnéísicos respectivamente.

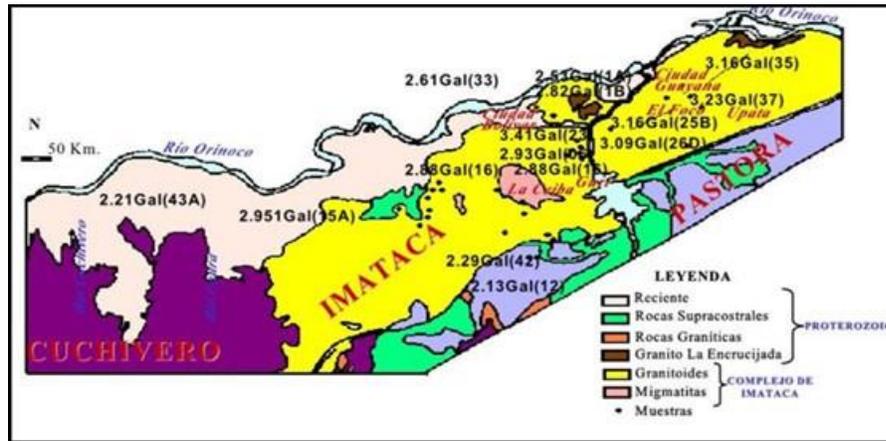


Figura 2.3. Extensión de provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005)

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de roca) , hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kms de espesor de rocas). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, V. 1974) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo (Mendoza, V. 2005).

Mendoza, V. (2000), designa a la Provincia de Imataca con el nombre Provincia Estructural Bolívar e indica que aparece de nuevo hacia el sureste en las montañas de Kanakú, Guayana, en el río Saramaca, Suriname y en la isla de Cayana, Guyana Francesa. Además, hace un recuento de todas las edades radiométricas en el Escudo de Guayana en Suramérica y reporta que la edad más antigua para el Complejo de Imataca es de 3500 - 3700 m.a., por el método U-Pb, mientras que las rocas más

jóvenes son de composición granítica, las cuales arrojan edades entre 1200 - 800 m.a., determinado por el método potasio-argón.

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos, internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte los pliegues tienen rumbo NW, mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N60-70E el cual es predominante regionalmente, aproximadamente paralelas a la falla de Gurí (Mendoza, V. 2005).

Ascanio, G. (1975) postuló que parte, al menos, del Complejo metamórfico de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por tectónica compresional o convergente chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos.

Ascanio, G (1975) denominó a estas fajas como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar, en la zona comprendida entre el río Aro y Caroní separadas por corrimientos de ángulos bajo (Figura 2.4).

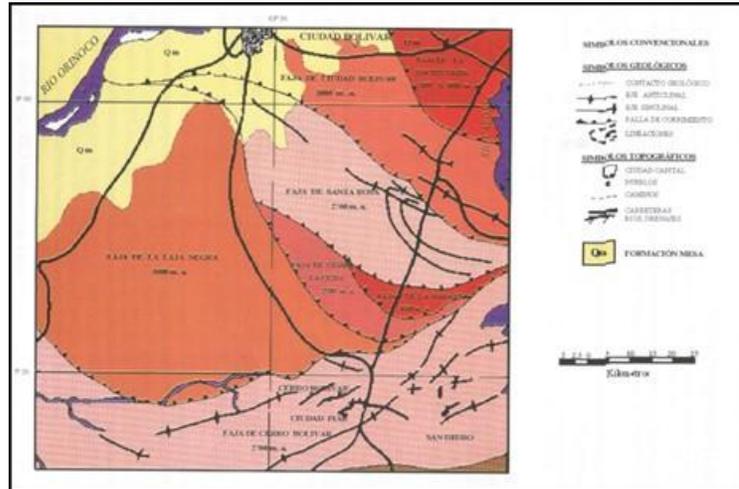


Figura 2.4. Fajas del Complejo de Imataca al sur del río Orinoco (Ascanio, G. 1975).

### 2.5.2 Formación Mesa

La Formación Mesa consiste en arenas de granos gruesos y gravas con aglomerante ferruginoso, cementadas; y muy duras, conglomerados rojos a casi negro, arenas blanco amarillentas, roja purpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limolita.

Es producto de una sedimentación fluviodeltaica y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el Este en la misma forma que hoy avanza el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cuencas septentrionales desarrollo abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásica de granos más grueso, mientras que desde el Sur el aporte principal era de arenas, por otro lado, se postula que los sedimentos de la Formación representan depósitos torrenciales y aluviales, contemporáneo con levantamiento con la serranía del interior (PDVSA – Intevep. (1997 – 2005)).

Se extiende por los llanos centro occidentales y orientales (estados, Guárico, Anzoátegui, Monagas) encontrándose algunos afloramientos en los estados Bolívar y Sucre inmediatamente al sur del río Orinoco, el espesor es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltaica que avanza de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos (PDVSA – Intevep. (1997 – 2005)).

En Ciudad Bolívar los espesores de la Formación Mesa son muy variables y los máximos encontrados se encuentran en el hipódromo donde alcanza 120 metros, parte de este espesor corresponde a la Formación Guanipa encima de la formación Mesa y por debajo correspondiente a sedimentos del reciente lo cual ha sido detectado por métodos geofísicos (PDVSA – Intevep. (1997 – 2005)).

### **2.5.3 Aluviones**

Descrita por CVG Tecmin (1991) como Unidad 05, consiste en sedimentos localizados en la margen derecha del río Orinoco y en las planicies de inundación de los principales afluentes que han originado una extensa franja aluvial a lo largo de los cursos de agua.

El tipo de paisaje de esta unidad corresponde a una planicie deposicional, ligeramente disecada e inundable, que presenta un solo tipo de relieve: la llanura de inundación constituida fundamentalmente por la acumulación de sedimentos aluviales.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado para sustentar o explicar el problema planteado en nuestra investigación, esta base teórica se muestra a continuación:

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Los antecedentes de la zona de estudio son muy escasos a nivel de detalle, así que se consideran antecedentes de otras zonas a los fines de obtener información general y sobre la metodología a utilizar.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G)- Técnica Minera C.A. (TECMIN). (1989). PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA. Informes de Avance. Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Este trabajo se utilizará para recopilar información sobre geología, hidrología, clima y vegetación.

Marcano Astrid y Marin Yemifer (2015). CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO MARCELA, SECTOR RÍO MARCELA, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR. Los resultados arrojaron que la mayor parte del área de estudio está representada por un relieve de peniplanicies suavemente onduladas, con lomas alineadas en dirección E-W y SE-NW. Los afloramientos rocosos del Fundo Marcela, están compuestos de

cuarcitas y gneises cuarzo-feldespáticos en contacto discordante con la Formación Mesa, los cuales son controlados por un sistema de fallas de tipo inversa. Así mismo, fue posible identificar otras estructuras como fallas, sills, diques pegmatíticos, boudinage, y sistemas de diaclasas tiene una orientación NW-NE. Este trabajo se utilizará como apoyo para la metodología.

### **3.2 Fundamentos teóricos**

#### **3.2.1 Características físico naturales de una región natural**

Las principales características del medio físico natural son la fisiografía, el relieve, las pendientes, la geología, la edafología, la vegetación, la hidrología y, el clima. Los factores físicos sirven para definir la región natural y para individualizarla como una «región homogénea», noción que se emplea para iniciar el estudio regional de una parte de la superficie terrestre. La zona de estudio está ubicada en la región natural de Venezuela al Sur del Orinoco, y a la subregión Guayana Venezolana, se extiende por los estados Bolívar, Amazonas y parte de Delta Amacuro; donde se distinguen en el relieve dos formaciones geológicas nítidamente diferenciadas:

Por una parte, el Escudo Guayanés, que es el basamento de formación muy antigua (unos 3500 millones de años), constituido por rocas cristalinas, tanto ígneas como el granito, como metamórficas como el gneis, lo cual ha hecho que este basamento reciba el nombre de complejo basal de Guayana, ya que está formado por una gran variedad de rocas y minerales.

Y por la otra, una cobertura sedimentaria, también muy antigua (unos 1500 millones de años) en la que predominan las areniscas, y que forma los relieves más elevados del paisaje (Wikipedia. 2021).

### **3.2.2 Características de los sedimentos**

Un sedimento tiene varias características, de ellos se puede obtener información acerca del tamaño de grano, textura, estructura, fábrica, composición, color, entre otras. Lo que ayuda a entender el ambiente de origen y formación de aquellos materiales sedimentarios (Geología Web, 2021).

La textura del sedimento se refiere al tamaño de grano de la partícula y su distribución (por ejemplo, clasificación), la morfología del grano y las características de la superficie, y las características de porosidad-permeabilidad del sedimento.

Todas estas propiedades son muy importantes debido a que pueden usarse para interpretar los procesos y entornos de deposición, y para determinar las propiedades del agente que lo transportó (agua, viento, hielo o gravedad).

El tamaño de grano de los sedimentos se usa para la clasificación y la nomenclatura de acuerdo con el esquema de Udden y Wentworth.

En esta clasificación se dice que los sedimentos muy finos son del tamaño de lodo, sedimentos de tamaño medio son las arenas y los de tamaño grueso son los granos, guijarros, gravas y bloques.

En términos generales, el tamaño de grano refleja:

La energía hidráulica del medio ambiente: los sedimentos más gruesos se depositan por corrientes más rápidas que los sedimentos más finos.

La distancia desde la fuente: generalmente el tamaño de grano disminuye aguas abajo en sistemas aluviales-fluviales.

El material sedimentario disponible en la fuente: el tamaño de grano y la forma en gran porcentaje va a depender de su composición mineral, por ejemplo, el cuarzo y feldespatos potásicos son más resistentes que las micas y resisten mayor distancia de transporte, además tienden a ser redondeados.

### **3.2.3 Diaclasas**

Una diaclasa se define en términos generales, como una fractura natural en la roca a lo largo de la cual no hay un desplazamiento de cizalla medible (desplazamiento paralelo al plano de la fractura). Van der Pluijm y Marshak. (2004).

El origen más aceptado para la formación de las diaclasas tectónicas establece que estas se abren perpendicularmente al esfuerzo principal mínimo  $-\sigma_3-$  sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos  $-\sigma_1-$  y medio  $-\sigma_2-$  siendo la dirección de mayor elongación paralela al esfuerzo principal máximo ( $\sigma_1$ ) (Fossen, 2010).

#### **3.2.3.1 Tipos de diaclasas**

Las diaclasas se pueden diferenciar por su conjunto, su apariencia en sets o grupos (Figura 3.1) (Wolfgang, G. (2001).

1. No sistemáticas son diaclasas sin una orientación preferida

2. Diaclasas sistemáticas marcan una orientación preferida.
3. Ortogonales son conjuntos de diaclasas con intersecciones de alrededor 90°.
4. Diaclasas conjugadas muestran una intersección entre 30° y 60°.

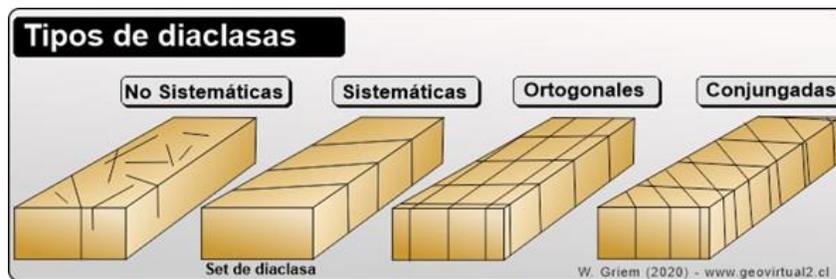


Figura 3.1. Tipos de diaclasas (Wolfgang, G. (2001)).

### 3.2.3.2 Familias de diaclasas

Se define una familia de diaclasas como un arreglo de diaclasas que son paralelas o subparalelas (Geologiaestructural.com., 2020). Son un grupo formado por todas las diaclasas sistemáticas que aparecen en una región (Figura 3.2) (Fossen, 2010).

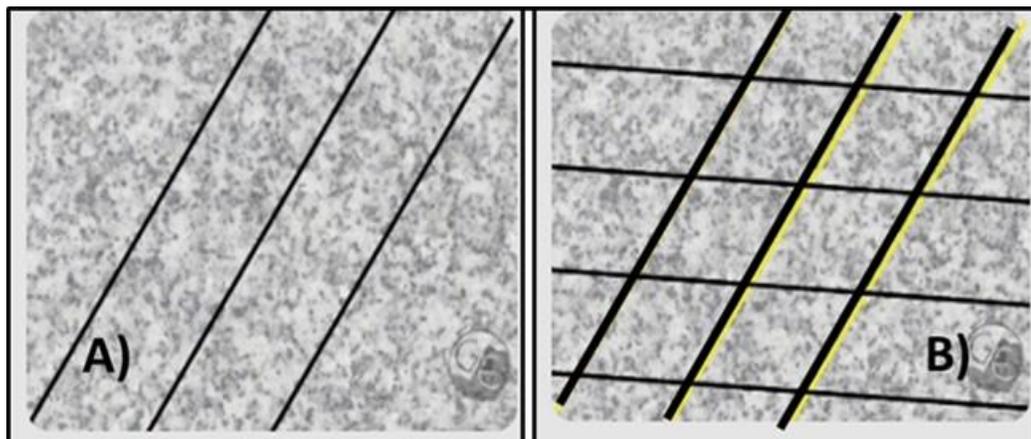


Figura 3.2. Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010).

### 3.2.3.3 Sistema de diaclasas

Se define un sistema de diaclasas como dos o más familias de diaclasas que se interceptan a un ángulo aproximadamente constante. Si son ortogonales, se habla de sistema ortogonal de diaclasa, si hacen ángulo de  $30^\circ$  o  $60^\circ$  se habla de sistema conjugado de diaclasa (Fossen, 2010) (Figura 3.3).



Figura 3.3. Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).

### 3.2.4 Análisis morfoscópico

La forma de las partículas es muy difícil de definir, debido a la irregularidad de las mismas, y en general se puede decir que los estudios morfológicos tienden a definir su geometría en forma aproximada (Navarrete, E. 2017).

El transporte sedimentario produce el desgaste de las partículas, con la destrucción progresiva de aristas y vértices, en su tendencia a alcanzar una configuración de mínima superficie para un volumen dado, la que corresponde a la

esfera. A pesar de esta tendencia general hacia la forma esférica, con frecuencia no se alcanza ese estadio final teórico, fundamentalmente debido al condicionamiento que representa la forma primitiva de la partícula. Así se suelen tomar como estadios finales además de la esfera, el disco, el cilindro y la lámina. Idealmente, la forma debe ser estudiada de manera tridimensional, sin embargo, existen métodos que permiten trabajar en el plano, y son aplicables (Navarrete, E. 2009).

### 3.2.5 Redondez

Según Powers (1953) en Barredo, S. (2019) en la redondez tiene que ver con el grado de angulosidad de las aristas y vértices de un clasto, independientemente de su forma. Esta es una propiedad es muy importante, pues está relacionada con el transporte, el mayor o menor desgaste indicará mayor o menor. Para estimar la redondez de las partículas de los sedimentos se utiliza la imagen de comparación visual (Figura 3.4).

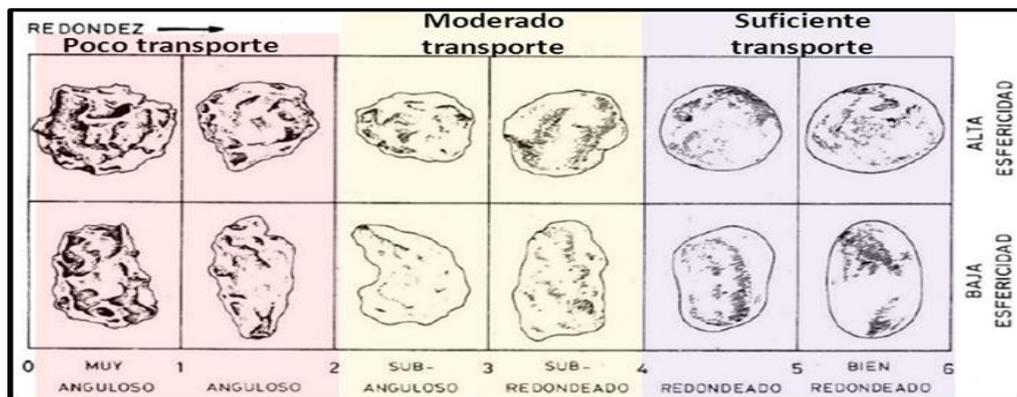


Figura 3.4. Tipos de redondez de partículas (Powers, 1963 en Barredo, S. 2019)

### 3.2.6. Análisis granulométrico por el método del tamizado

El análisis de granulometría se utiliza para determinar la variación del tamaño de los granos de los sedimentos. Los resultados del mismo servirán para determinar la competencia y eficiencia del agente de transporte, así como también en caso de ser este último el agua, la mayor o menor proximidad de la roca generadora (Pettijohn F, 1949).

Según Bosch, M. (2017) el análisis granulométrico permite obtener una expresión cuantitativa de las porciones en peso de varios tamaños en partículas presentes en un suelo. El método que se emplea normalmente es el de tamizado de suelo a través de una serie normatizada de tamices de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00 (Figura 3.2).



Figura 3.5. Juego de tamices usados para la clasificación de un sedimento (Bosch, M. 2017)



### **3.3 Definición de términos básicos**

#### **3.3.1 Gneis**

Es el término aplicado a las rocas metamórficas bandeadas de grano medio a grueso en las que predominan los minerales alargados y granulares (en oposición a los planares). Los minerales más comunes en el gneis son el cuarzo, el feldespato potásico y la plagioclasa rica en sodio. La mayoría de gneises también contienen cantidades menores de biotita, moscovita y anfíbol que desarrollan una orientación preferente. Algunos gneises se rompen a lo largo de las capas de los minerales planares, pero la mayoría se rompe de una manera irregular (Tarbuck, E., 2005).

#### **3.3.2 Tonalita**

La tonalita es una roca ígnea plutónica de grano intermedio a grueso, compuesta de cuarzo y plagioclasa, hornblenda y biotita. También contiene ortoclasa pero en cantidades menores. Fue descrita por primera vez en el monte Adamello en los Alpes italianos y deriva su nombre del poblado de Tonale, cercano al sitio de su primera descripción. La plagioclasa puede llegar a componer más de la mitad de la roca. Fue encontrada en El Teide en Canarias. Una variedad de tonalita es la trondhjemita que se caracteriza por no tener hornblenda (Gill, Robin, 2010).

#### **3.3.3 Rumbo y buzamiento**

El rumbo es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado o falla, con un plano horizontal. El buzamiento es el ángulo de inclinación de un plano geológico, medido desde un plano horizontal (Figura 3.7) (Tarbuck, E., 2005).

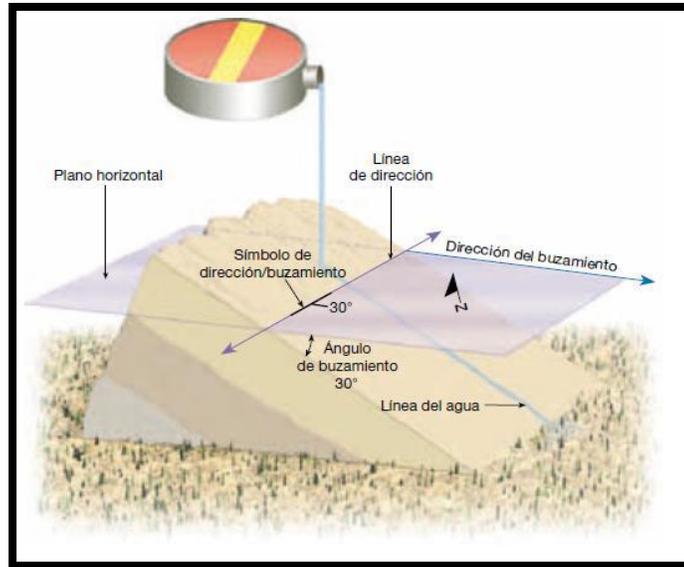


Figura 3.7. Medición de rumbo y buzamiento (Tarbuck, J. 2005)

### 3.3.4. Sedimento

Llámesese sedimento a un depósito de materia sólida en la superficie terrestre transportado por cualquier agente natural (aire, agua, gravedad) en condiciones normales de la superficie terrestre (Krumbein y Sloss, 1969) y cuyo origen depende, en gran medida, de las condiciones físicas y químicas presentes en la transición suelo-atmósfera y suelo-agua.

### 3.3.5. Mapa geológico

Un mapa que muestra el tipo y la distribución espacial de las rocas en la superficie terrestre. Las formaciones de rocas se encuentran codificadas con colores y los símbolos correspondientes a las estructuras geológicas también se indican, de modo que las relaciones de las edades resultan claras (Schumberger, 2019).

### **3.3.6. Provincia geológica**

Provincia geológica es toda parte cartografiable de la superficie sólida del planeta, de centenares a millones de kilómetros cuadrados de extensión, caracterizada por sus rocas, por su estructura y por una secuencia de eventos tal que integre una historia evolutiva singular diferente a la de las áreas adyacentes, de las cuales está separada por límites estratigráficos, tectónicos o por ambos (Pérez, J. (2015)).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

En esta fase se muestran los métodos empleados para obtener los datos que permitan cumplir con los objetivos de esta investigación. Por lo que se describe el tipo y diseño de la investigación, así como también las técnicas utilizadas para tomar las muestras.

#### **4.1. Tipo de investigación**

Arias, F. (2012) clasifica a los tipos de investigación según su nivel, en exploratoria, descriptiva y explicativa. El autor considera la investigación descriptiva como la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. De igual manera, señala que la investigación exploratoria “se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto.

En base a lo anterior, esta investigación es de tipo descriptiva, pues se enfoca en la caracterización de los rasgos físicos, geológicos y naturales de la quebrada La Esperanza y, además, es de tipo exploratoria porque en la zona de estudio no existe información de manera local, sino de manera regional.

## **4.2. Diseño de la investigación**

Arias, F. (2012) considera que “el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental”.

El autor describe la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurre los hechos sin manipular o controlar variables algunas”. En base a lo anterior nuestro diseño de investigación será de campo, debido a que la recolección de datos se hará directamente en el campo (área de estudio).

## **4.3. Población y Muestra**

Arias, F. (2012) “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. La población de nuestra investigación será la quebrada La Esperanza que es un afluente del río Pao, ubicada en el fundo La Esperanza.

Arias, F. (2012) también establece que “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. Para este estudio se tomaron un total de diez (10) muestras de rocas y siete (7) muestras de sedimentos.

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Arias, F. (2012) cita que “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc.”.

“El análisis documental es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original, con la finalidad de posibilitar su recuperación posterior e identificarlo” (Castillo, L. 2005 en Arias, F. (2012)).

“La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (Arias, F. 2012).

La técnica de recolección de datos de nuestra investigación será por observación directa (porque visualizaremos y obtendremos los datos directamente en campo) y análisis documental. Por lo tanto, el análisis documental será implementado al extraer información de diferentes fuentes como: tesis, hojas cartográficas, mapas, manuales, textos, entre otros, además de la revisión bibliográfica hecha por medio del uso de la red de Internet y así tener la posibilidad de encontrar información relevante, que pueda servir de ayuda para el avance de la investigación.

#### **4.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Arias, F. (2012) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

Nuestros instrumentos de recolección de datos serán: Brújula, GPS, bolsas plásticas, pala, piqueta, mandarina, cinta métrica, libretas de campo, mapas cartográficos, cámara fotográfica, etc.

#### **4.5. Etapas de la investigación**

El flujograma de investigación refleja un esquema de trabajo para llevar a cabo la elaboración del presente proyecto en diferentes etapas, así como se muestra en la figura 4.1.

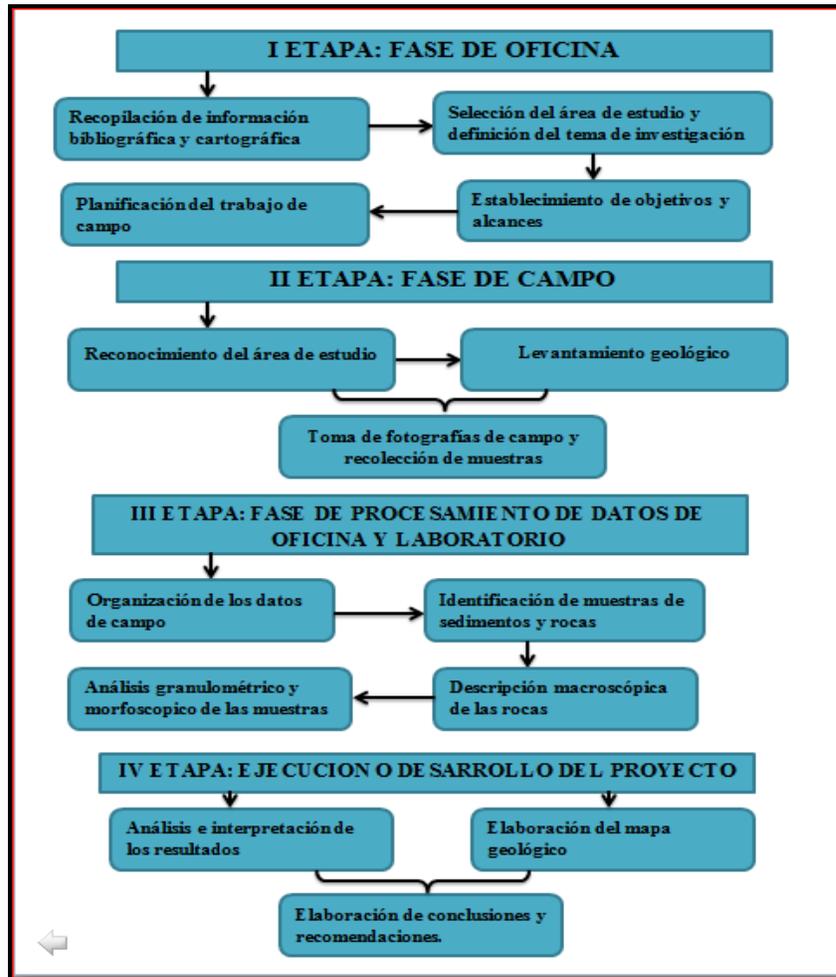


Figura 4.1. Flujograma de actividades de las etapas de la investigación.

#### **4.5.1. Etapa I: fase de oficina**

Es la etapa inicial para el logro de los objetivos. Esta etapa comprende la recopilación documental y cartográfica necesaria para el reconocimiento del área de estudio. La información cartográfica la obtuvimos directamente de la base de datos del Instituto de Geología y Minas (INGEOMIN), sede Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Algunos mapas geológicos lo obtuvimos a partir de publicaciones de otros investigadores que realizaron estudios en el área objetivo.

Posteriormente seleccionamos el área de estudio, la cual decidimos que la investigación de campo sería en La Quebrada La Esperanza, afluente del río Pao, parroquia Guarataro, municipio Sucre, estado Bolívar en la Provincia Geológica de Imataca con frontera a la Provincia de Cuchivero, en el cual no está situada en ninguna de las 7 Faja de Ascanio según el mapa cartográfica extraído del Instituto de Geología y Minas.

Una vez recolectados estos datos, procedimos a establecer el objetivo general, así como los objetivos específicos y los alcances de esta investigación, para luego planificar las diferentes labores a realizar en campo.

#### **4.5.2 Etapa II: fase de campo**

Esta etapa consistió en realizar los estudios geológicos en la zona de interés (con salidas de campo), la etapa de campo fue dividida en tres partes:

#### 4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio

Se identificaron las unidades geológicas presentes en el fundo La Esperanza, así como las estructuras geológicas asociadas a las rocas presentes en los afloramientos rocosos además de ubicarlos geográficamente para la selección de las áreas de fácil acceso.

Se recolectaron las muestras para sus respectivos ensayos y análisis, también se tomaron los datos necesarios para la elaboración del Mapa Geológico.



Figura 4.2. Identificación de unidades geológicas.

#### 4.5.2.2 Levantamiento geológico de superficie

El levantamiento geológico de superficie se realizó a través del uso de un GPS.

Se efectuó el levantamiento de las unidades geológicas y afloramientos rocosos junto a las estructuras geológicas asociadas a ellos, así como también se determinó la ubicación geográfica de los suelos y sedimentos encontrados.

Inicialmente se tomaron datos de coordenadas en la parte alta, media y baja de los afloramientos encontrados.

Posteriormente se tomaron coordenadas de los puntos en los cuales se realizó la toma de las muestras de sedimento y roca, y finalmente se apuntaron las coordenadas del río y de la quebrada.

#### **4.5.2.3 Toma de fotografías de campo y recolección de muestras**

Tomamos fotografías generales al área de estudio (Figura 4.3, 4.4 y 4.5) y recolectamos un total de 10 muestras de rocas y 7 muestras de sedimentos.



Figura 4.3. Rio Pao.



Figura 4.4. Quebrada La Esperanza.



Figura 4.5. Afloramientos rocosos.

### 4.5.3. Etapa III: fase de procesamiento de datos (oficina y laboratorio)

En esta etapa procedimos a organizar todos los datos que obtuvimos en campo tales como: rumbo y buzamiento de las diaclasas, estructuras geológicas observadas, toma de coordenadas UTM etc. así como la asignación de la nomenclatura con las cuales se identificaron las muestras. Todo esto con la intención de procesar la información para cumplir con los objetivos de la investigación.

#### 4.5.3.1 Identificación y organización de las muestras de campo

Tenemos las siguientes nomenclaturas: Para las muestras de sedimentos recogidas se utilizó la nomenclatura CX-MX siendo “C” la calicata estudiada y “M” la muestra, de igual manera para las muestras de rocas se utilizó la nomenclatura AX-MX, siendo “A” afloramiento encontrado de la zona de estudio y “M” la muestra recogida de ese afloramiento.

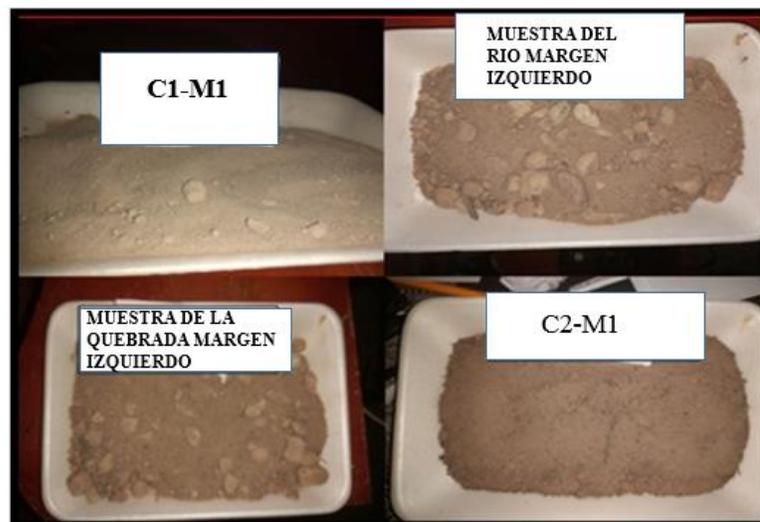


Figura 4.6. Muestras de sedimentos identificados.

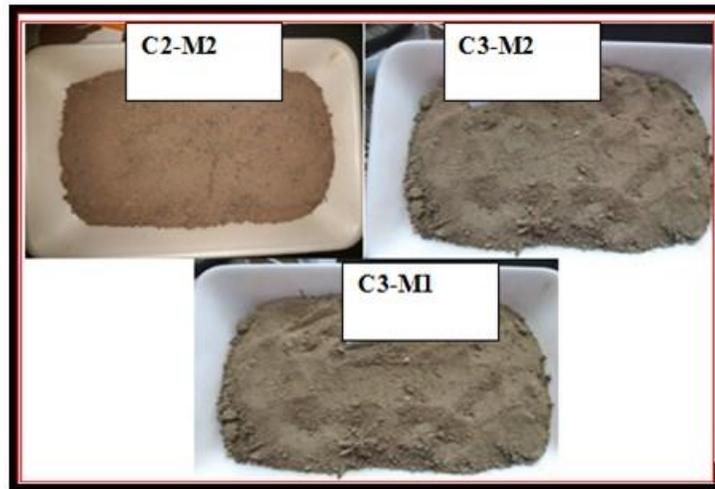


Figura 4.7. Muestras de sedimentos identificados.

#### **4.5.3.2 Descripción de las estructuras geológicas**

Con los datos y fotografías tomadas en campo, procedimos a describir y clasificar las estructuras geológicas presentes en los afloramientos N°1, N°2 y N°3, especificando las características de las estructuras, así como su actitud (rumbo y buzamiento). En el caso de las estructuras geológicas tales como diaclasas, realizamos diagramas de rosas para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras.

#### **4.5.3.3 Elaboración de diagrama de rosas**

Para la elaboración de este diagrama, usamos la aplicación “GeoRose”. Los datos introducidos al software corresponden a la dirección de rumbo de cada una de las diaclasas encontradas en los afloramientos.

#### 4.5.3.4 Análisis morfoscópico de las muestras de campo

Para la realización de este análisis morfoscópico seleccionamos las muestras de sedimentos que tomamos en campo lo cual fueron un total de siete (7) muestras. A estas muestras se les tomó una porción representativa y se disgregó para ser colocada en el tamiz N°18 (0,84mm de diámetro) y por debajo de este tamiz colocamos el N°35 (0,50mm de diámetro). Se tomó el material retenido en el tamiz N°35 (Figura 4.8) y se procedió a realizar el análisis.

El método empleado para realizar el análisis de forma de partículas fue el “método al azar de Pettijohn” que consiste en realizar un conteo de 200 partículas por cada muestra de sedimento, con el apoyo de la tablilla de conteo y el portaobjeto (Figura 4.9). Luego de haber contado las partículas estas deben observarse en el microscopio estereográfico para clasificarla de acuerdo al tipo: angulosa, sub-angulosa, sub-redondeada, redondeada, bien redondeada. Para clasificar las partículas usamos la imagen de comparación visual para estimar la redondez de las partículas sedimentarias según Powers (1953) mostrada en la Figura 3.1.

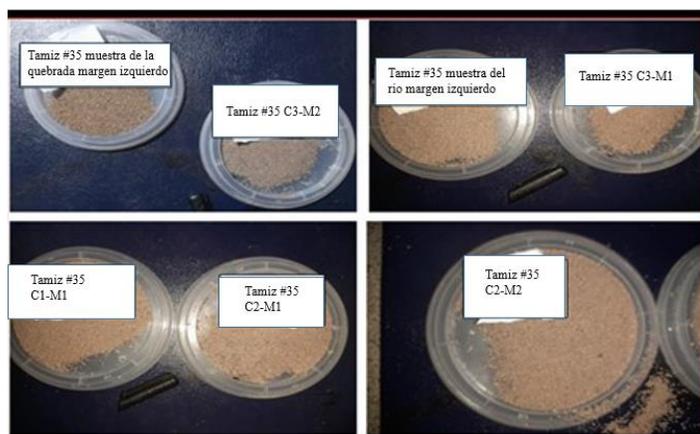


Figura 4.8. Representación del material retenido en el tamiz N° 35 por cada muestra.

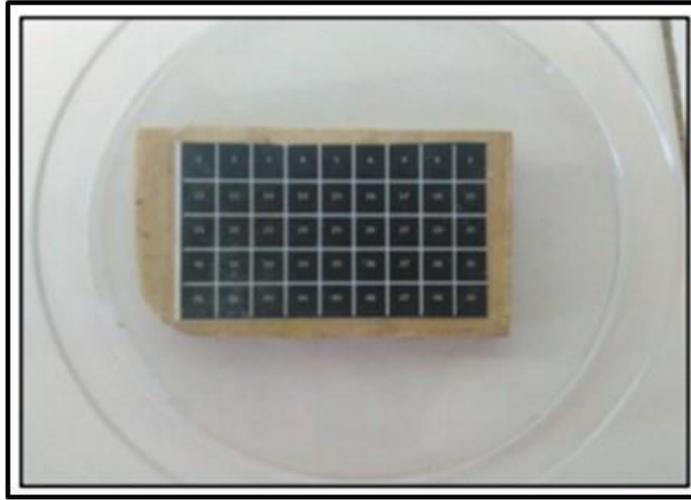


Figura 4.9. Tablilla de conteo de partículas y porta-objeto para colocación de muestras.

Luego se generará un histograma, donde el eje de las ordenadas (Y) representara el porcentaje de partículas y el eje de las abscisas (X) la forma de las partículas. El mismo permitirá realizar un análisis cualitativo del transporte que han sufrido las partículas.

#### **4.5.3.5 Elaboración del mapa geológico**

La elaboración del mapa geológico se realizó tomando en cuenta las coordenadas de cada estación, seguidamente con ayuda de Google Earth pro se creó un polígono del área de estudio. Una vez obtenido el polígono, se transportó al software de Global Mapper pro en donde se conectó la data online de elevaciones del terreno (ASTER), para finalmente transportarlo al software Golden Surfer, donde se agregaron los datos interpretados de las unidades geológicas identificadas con las estructuras medidas en el terreno de la quebrada La Esperanza delimitando cada una de las zonas correspondientes.

#### **4.5.4 Etapa IV: Ejecución o desarrollo del proyecto**

En esta etapa se interpretaron y analizaron todos los datos ya mencionados, lo cual se verá reflejado en el capítulo V de esta investigación.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 5.1 Descripción de las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio

Para realizar el estudio de las diferentes unidades estratigráficas presentes en el área de estudio se ubicaron varias estaciones, a las cuales se les determinaron sus respectivas coordenadas (Tabla 5.1)

Tabla 5.1. Estaciones de trabajo del área de estudio.

ESTACIÓN	Coordenadas UTM HUSO 20		UNIDAD ESTRATIGRÁFICA
	ESTE	NORTE	
1	318242	847704	Complejo de Imataca
2	318604	847802	Complejo de Imataca
3	318971	847840	Sedimentos del reciente
4	318822	847486	Sedimentos del Reciente
5	317706	847819	Complejo de Imataca

En la zona de la quebrada La Esperanza en la parte de la cuenca media del sector del fundo La Esperanza, se identificaron 3 unidades estratigráficas, que son rocas del Complejo de Imataca, la Formación Mesa y Sedimentos del Reciente.

#### 5.1.1 Complejo de Imataca – Precámbrico - Arquezoico

El Complejo de Imataca, está representado en la zona de estudio por 3 afloramientos rocosos de gneises de grano medio a fino y de grano fino, de colores blancos y negros, foliados y diaclasados; específicamente las muestras recolectadas son de Gneis Tonalítico, Anfibolita y cuarzo. Estos afloramientos se encuentran en bloques dispersos de distintos tamaños y tienen una dirección predominante NW-SE,

los tres afloramientos ya antes mencionados poseen similitudes en cuanto a su litología, y están rodeados por suelos residuales producto de la meteorización de las rocas (Figura 5.1).



Figura 5.1. Afloramientos del Complejo de Imataca presentes en el área de estudio.

### 5.1.2 Formación Mesa – Cuaternario - Pleistoceno

En la zona de estudio la Formación Mesa, presenta horizontes gravosos con fragmentos subredondeados y sedimentos arcillosos de colores amarillo, rojo y gris claro, en contacto discordante con rocas meteorizadas de Complejo de Imataca y con sedimentos del Reciente a lo largo de la quebrada La Esperanza y del río Pao. En esta unidad se realizaron 3 calicatas para describir la Formación Mesa (Figura 5.2).

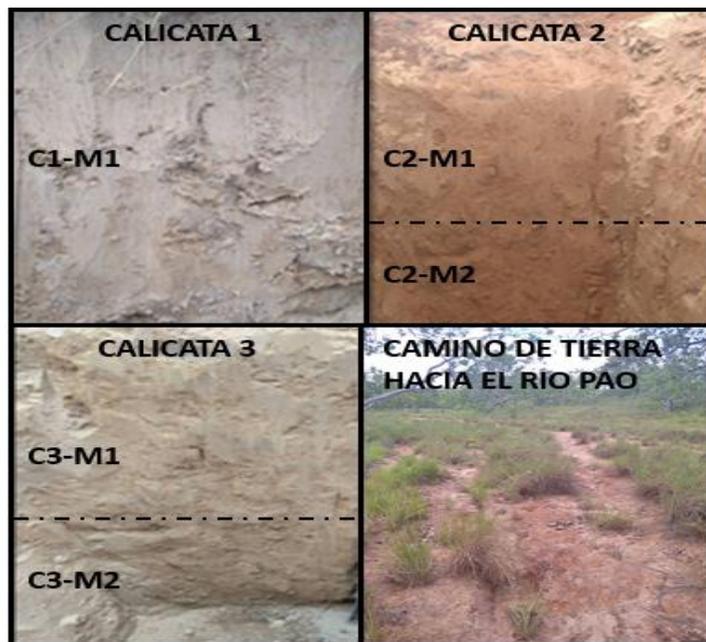


Figura 5.2. Formación Mesa presente en el área de estudio.

### 5.1.3 Sedimentos del Reciente – Cuaternario - Reciente

En el área de estudio los Sedimentos Recientes, están representados por los coluviones y aluviones de origen fluvial, caracterizados en su mayoría por gravas y arenas de grueso a medio de colores gris claro y marrón claro.

## 5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes

De acuerdo a los datos de campo en los afloramientos 1 y 2 se presentan gneises graníticos tonalíticos, de colores negros y gris, con bandas de anfibolitas y diques de cuarzo blanco; y en el afloramiento 3 la misma litología excepto anfibolita (Tablas 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5). Las 10 muestras de roca se clasificaron petrográficamente de acuerdo a las características macroscópicas tales como la textura, coloración y el porcentaje mineralógico.

Analizando los datos de la composición mineralógica de las muestras se tiene que: los gneises tonalíticos presentan plagioclasa entre 35 y 40%, mica biotita entre 23 y 30%, cuarzo entre 17 y 21%, hornblenda entre 11 y 13% , y epidota entre 3 y 5%. Las anfibolitas presentan plagioclasa cálcica entre 48 y 50 %, anfíbol entre 22 y 24%, piroxeno 16 %, hornblenda entre 10 y 14%.

Tabla 5.2. Clasificación macroscópica de las muestras de rocas.

<b>Afloramiento</b>	<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Roca</b>	<b>Coloración</b>	<b>Coordenadas UTM HUSO 20</b>
1	M1	Gneis	Negro y Gris	N847612-E317645
	M2	Cuarzo	Blanco con tonos rojo claro	N847870-E317477
	M3	Gneis	Negro y Gris	N848001-E317814
	M4	Anfibolita	Negro	N848088-E317515
2	M5	Cuarzo	Blanco con tonos rojo claro	N847691-E318732
	M6	Anfibolita	Negro	N847853-E318664
	M7	Gneis	Negro y Gris	N847882-E318251
	M8	Cuarzo	Blanco con tonos rojo claro	N847584-E318055
3	M9	Gneis	Negro y Gris	N848091-E317817
	M10	Cuarzo	Blanco con tonos rojo claro	N847670-E317731

Tabla 5.3. Clasificación petrográfica de las muestras A1M1, A1M2, A1M3 y A1M4.

Muestra	Nombre de la roca	Descripción macroscópica
A1, M1	<p style="text-align: center;">GNEIS GRANÍTICO TONALÍTICO</p> <p style="text-align: center;">ROCA PROTOLITO: TONALITA</p>	<p>- ROCA DE GRANO MEDIO CON LINEACIÓN Y FOLIACIÓN BIEN DEFINIDA</p> <p>- COLOR NEGRO Y GRIS CLARO</p> <p>- TEXTURA GNEÍSICA</p> <p>- MINERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLAGIOCLASA COLOR GRIS 35%</li> <li>• MICA BIOTITA EN LAMINAS 30%</li> <li>• CUARZO 17%</li> <li>• HORNBLENDA (NEGRO) 13%</li> <li>• EPIDOTA (VERDE) 5%</li> </ul>
A1,M2	<p style="text-align: center;">CUARZO</p>	<p>- TEXTURA GRANOBLÁSTICA</p> <p>- ARREGLO DESORDENADO DE LOS COMPONENTES</p> <p>- MINERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CUARZO 95%</li> <li>• ANFÍBOL 5%</li> </ul> <p>OBSERVACIÓN: IMPUREZAS DE OXIDO DE HIERRO HACE QUE LA ROCA SEA DE TONALIDADES ROJO CLARO</p>
A1M3	<p style="text-align: center;">GNEIS GRANÍTICO TONALÍTICO</p> <p style="text-align: center;">ROCA PROTOLITO: TONALITA</p>	<p>- ROCA DE GRANO MEDIO CON LINEACIÓN Y FOLIACIÓN BIEN DEFINIDA</p> <p>- COLOR NEGRO Y GRIS CLARO</p> <p>- TEXTURA GNEÍSICA</p> <p>- MINERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLAGIOCLASA COLOR GRIS 37%</li> <li>• MICA BIOTITA EN LAMINAS 28%</li> <li>• CUARZO 19%</li> <li>• HORNBLENDA (NEGRO) 13%</li> <li>• EPIDOTA (VERDE) 3%</li> </ul>
A1M4	<p style="text-align: center;">ANFIBOLITA</p>	<p>- ROCA GRANO MEDIO, DENSO</p> <p>- COLOR NEGRO GRISÁCEO</p> <p>- ROCA MÁFICA</p> <p>- TEXTURA FANERÍTICA</p> <p>- MINERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLAGIOCLASA CÁLCICA 48%</li> <li>• ANFÍBOL 22%</li> <li>• PIROXENO 16%</li> <li>• HORNBLENDA 14%</li> </ul>

Tabla 5.4. Clasificación petrográfica de las muestras A2M5, A2M6, A2M7 y A2M8

Muestra	Nombre de la roca	Descripción macroscópica
A2,M5	CUARZO	<p>TEXTURA GRANOBLÁSTICA ARREGLO DESORDENADO DE LOS COMPONENTES MINERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CUARZO 98%</li> <li>• ANFÍBOL 2%</li> </ul> <p>OBSERVACIÓN: IMPUREZAS DE OXIDO DE HIERRO HACE QUE LA ROCA SEA DE TONALIDADES ROJO CLARO</p>
A2,M6	ANFIBOLITA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ROCA GRANO MEDIO, DENSO</li> <li>- COLOR NEGRO GRISÁCEO</li> <li>- ROCA MÁFICA</li> <li>- TEXTURA FANERÍTICA</li> <li>- MINERALES:</li> <li>• PLAGIOCLASA CÁLCICA 50%</li> <li>• ANFÍBOL 24%</li> <li>• PIROXENO 16%</li> <li>• HORNBLENDA 10%</li> </ul>
A2M7	<p>GNEIS GRANÍTICO TONALITICO</p> <p>ROCA PROTOLITO: TONALITA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ROCA DE GRANO MEDIO CON LINEACIÓN Y FOLIACIÓN BIEN DEFINIDA</li> <li>- COLOR NEGRO Y GRIS CLARO</li> <li>- TEXTURA GNEÍSICA</li> <li>- MINERALES:</li> <li>• PLAGIOCLASA COLOR GRIS 40%</li> <li>• MICA BIOTITA EN LAMINAS 25%</li> <li>• CUARZO 20%</li> <li>• HORNBLENDA (NEGRO) 12%</li> <li>• EPIDOTA (VERDE) 3%</li> </ul>
A2M8	CUARZO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TEXTURA GRANOBLÁSTICA</li> <li>- ARREGLO DESORDENADO DE LOS COMPONENTES</li> <li>- MINERALES:</li> <li>• CUARZO 93%</li> <li>• ANFÍBOL 7%</li> </ul> <p>OBSERVACIÓN: IMPUREZAS DE OXIDO DE HIERRO HACE QUE LA ROCA SEA DE TONALIDADES ROJO CLARO</p>

Tabla 5.5. Clasificación petrográfica de las muestras A3M9 y A3M10.

Muestra	Nombre de la roca	Descripción macroscópica
A3M9	GNEIS GRANÍTICO TONALÍTICO  ROCA PROTOLITO: TONALITA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ROCA DE GRANO MEDIO CON LINEACIÓN Y FOLIACIÓN BIEN DEFINIDA</li> <li>- COLOR NEGRO Y GRIS CLARO</li> <li>- TEXTURA GNEÍSICA</li> <li>- MINERALES:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLAGIOCLASA COLOR GRIS 42%</li> <li>• MICA BIOTITA EN LAMINAS 23%</li> <li>• CUARZO 21%</li> <li>• HORNBLENDA (NEGRO) 11%</li> <li>• EPIDOTA (VERDE) 3%</li> </ul> </li> </ul>
A3M10	CUARZO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TEXTURA GRANOBLÁSTICA</li> <li>- ARREGLO DESORDENADO DE LOS COMPONENTES</li> <li>- MINERALES:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• CUARZO 96%</li> <li>• ANFÍBOL 4%</li> </ul> </li> </ul> <p>OBSERVACIÓN: IMPUREZAS DE OXIDO DE HIERRO HACE QUE LA ROCA SEA DE TONALIDADES ROJO CLARO</p>



Figura 5.3. Gneis Granítico Tonalítico del complejo de Imataca



Figura 5.4. Cuarzo Blanco con tonos rojo claro, anfibolita del complejo de Imataca

### 5.3 Clasificación de los sedimentos del río de acuerdo a las texturas

Para realizar la clasificación de los sedimentos del río fue necesario realizar el análisis granulométrico y morfoscópico de dos muestras tomadas directamente de la margen izquierda del río Pao y de la quebrada La Esperanza; además se les realizaron los mismos análisis a las muestras de las 3 calicatas de la Formación Mesa, cercanas a los afloramientos para así, tener información detallada de los tipos de sedimentos que están presentes en el área de estudio.

#### 5.3.1 Análisis granulométrico de los sedimentos de los ríos y de Formación Mesa

Se realizaron el análisis granulométrico de 7 muestras, de ellos una del río Pao y otra de la quebrada La Esperanza, y 5 de la Formación Mesa, 1 en la calicata C1, y 2 en cada una de las calicatas C2 y C3, donde presentó un cambio de facies (Tabla 5.6) las aperturas de las calicatas se realizaron de 1 metro de profundidad por 50 cm de ancho, la calicata 2 presento un cambio de facies, teniendo un primer estrato de 42cm de alto y un segundo estrato de 58cm de alto, la calicata 3 también presento un

cambio de facies, teniendo un primer estrato de 35 cm de alto y un segundo estrato de 65cm de alto. Los resultados de los análisis granulométricos y sus respectivas curvas granulométricas se presentan en el apéndice A.

De acuerdo a los resultados de los análisis granulométricos se tiene que los sedimentos del río Pao y la quebrada La Esperanza son arenas de grano grueso a medio, y en la Formación Mesa arenas de grano medio a fino.

Tabla 5.6. Resultados de los análisis granulométricos.

Muestra de río/ calicata	MUESTRA	Tipo de sedimento	Color	Coordenadas UTM HUSO 20
Río Pao	M1	Arena de grano grueso a medio	Marrón	N847840-E318971
Quebrada La Esperanza	M1	Arena de grano grueso a medio	Marrón	N847486-E318822
Calicata 1	M1	Arena de grano medio a fino	Gris	N848117-E318485
Calicata 2	M1	Arena de grano medio a fino	Rojizo	N848240-E317898
	M2	Arena de grano medio a fino	Marrón claro	
Calicata 3	M1	Arena de grano medio a fino	Gris	N847555-E317825
	M2	Arena de grano medio a fino	Gris oscuro	

## **5.4 Análisis morfoscópico de los sedimentos del río y de la formación Mesa**

Al realizar el análisis granulométrico de las muestras del río Pao, la quebrada la Esperanza y de las calicatas, se procedió a tomar las partículas retenidas en el tamiz número 35 y a sub dividir las de acuerdo a la forma que estas presentan para así obtener información del poco a mucho transporte a las que estas se sometieron, para dicha información fue necesario el conteo de 200 partículas vistas en un microscopio profesional, y el porcentaje de las partículas de acuerdo a las diferentes formas se reflejó en tablas 5.6 hasta la 5.16 y los histogramas de distribución se encuentran en los apéndices B1 hasta B7.

### **5.4.1 Morfoscopía de la muestra del río Pao**

La muestra corresponde a una arena de grano grueso a fino. El porcentaje de partículas que se presenta en la tabla 5.6 y el gráfico ilustrado en el apéndice B1 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (43,50%) con tendencia a sub-redondeada (41,50), escasas partículas redondeadas (5,50%) al igual que las partículas angulosas que presenta un 9,50%; y no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimentos tuvieron moderado transporte.

Tabla 5.6. Porcentaje de partículas por la morfoscopía de la muestra del río Pao.

<b>Muestra Margen izquierdo del río Pao</b>	Forma de las partículas	Nº de partículas	% de partículas
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	19	9,50
	SUB-ANGULOSAS	87	43,50
	SUB-REDONDEADAS	83	41,50
	REDONDEADAS	11	5,50
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

#### 5.4.2 Morfoscopía de la muestra de la quebrada La Esperanza

La muestra corresponde a una arena de grano grueso a fino. El porcentaje de partículas que se presenta en la tabla 5.7 y el gráfico ilustrado en el apéndice B2 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (55%) con tendencia a sub redondeada (30%), escasas partículas redondeadas (2,50%) y partículas angulosas (12,50%), no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron poco a moderado transporte.

Tabla 5.7. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la quebrada la Esperanza

<b>Muestra margen izquierdo quebrada la Esperanza</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	25	12,50
	SUB-ANGULOSAS	110	55,00
	SUB-REDONDEADAS	60	30,00
	REDONDEADAS	5	2,50
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

#### 5.4.3 Morfoscopía de la muestra C1M1 de la Formación Mesa

La muestra corresponde a una arena de grano medio a fino. El porcentaje mostrado en la tabla 5.8 y el gráfico ilustrado en el apéndice B3 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (42,50%) con tendencia a sub-redondeada (36,50%) y redondeada (9,50%), se observaron escasas partículas angulosas (11,50%), no se observaron formas de partículas muy angulosas ni bien redondeadas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron poco transporte, por presentar pocas partículas redondeadas.

#### 5.4.4 Morfoscopía de la muestra C2M1 de la Formación Mesa

La muestra corresponde a una arena de grano medio a fino. El Porcentaje mostrado en la tabla 5.9 y el gráfico ilustrado en el apéndice B4 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (41%) con tendencia a sub redondeada (38%), escasas partículas redondeadas (11,50%) y partículas angulosas

(9,50%), no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron un poco a moderado transporte.

Tabla 5.8. Porcentaje de partículas por la morfoscopia, de la muestra C1M1.

<b>Muestra C1,M1</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	23	11,50
	SUB-ANGULOSAS	85	42,50
	SUB-REDONDEADAS	73	36,50
	REDONDEADAS	19	9,50
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

Tabla 5.9. Porcentaje de partículas por la morfoscopia, de la muestra C2M1.

<b>Muestra C2,M1</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	19	9,50
	SUB-ANGULOSAS	82	41,00
	SUB-REDONDEADAS	76	38,00
	REDONDEADAS	23	11,50
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

#### 5.4.5 Morfoscopia de la muestra C2M2 de la Formación Mesa

La muestra corresponde a una arena de grano medio a fino. El porcentaje mostrado en la tabla 5.10 y el gráfico ilustrado en el apéndice B5 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (51,50%) con tendencia a sub redondeada (28%), escasas partículas redondeadas (6%) y partículas angulosas

(14,50%), no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron poco transporte.

Tabla 5.10. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C2M2

<b>Muestra C2;M2</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	29	14,50
	SUB-ANGULOSAS	103	51,50
	SUB-REDONDEADAS	56	28,00
	REDONDEADAS	12	6,00
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

#### 5.4.6 Morfoscopía de la muestra C3M1 de la Formación Mesa

La muestra corresponde a una arena de grano medio fino. El porcentaje mostrado en la tabla 5.11 y el gráfico ilustrado en el apéndice B6 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (61%) con tendencia a sub redondeada (31%), escasas partículas redondeadas (3%) y partículas angulosas (5%), no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron poco transporte.

Tabla 5.11. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C3M1.

<b>Muestra C3;M1</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	10	5,00
	SUB-ANGULOSAS	122	61,00
	SUB-REDONDEADAS	62	31,00
	REDONDEADAS	6	3,00
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

#### 5.4.3 Morfoscopía de la muestra C3M2 de la Formación Mesa

La muestra corresponde a una arenisca de grano medio a fino. El porcentaje mostrado en la tabla 5.12 y el gráfico ilustrado en el apéndice B7 demuestra que las partículas son mayormente de forma sub-angulosa (46,50%) con tendencia a sub redondeada (43%), escasas partículas redondeadas (5%) y partículas angulosas (5,50%), no se observaron partículas muy angulosas. Se concluye que las partículas de sedimento tuvieron un moderado transporte.

Tabla 5.12. Porcentaje de partículas por la morfoscopía, de la muestra C3M2.

<b>Muestra C3;M2</b>	<b>Forma de las partículas</b>	<b>Nº de partículas</b>	<b>% de partículas</b>
	MUY ANGULOSAS	0	0,00
	ANGULOSAS	11	5,50
	SUB-ANGULOSAS	93	46,50
	SUB-REDONDEADAS	86	43,00
	REDONDEADAS	10	5,00
	MUY REDONDEADAS	0	0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>100,00</b>

### 5.5 Estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos

Las observaciones realizadas en campo permitieron realizar mediciones de las estructuras geológicas, los rumbos y direcciones de dichas estructuras. En general, los afloramientos, están algo diaclasados y presentan foliación marcada altamente meteorizada.

### 5.5.1 Diaclasas

Tabla 5.12. Diaclasas pertenecientes a los afloramientos 1, 2 y 3.

Afloramiento	Estructura Geológica	Rumbo	Buzamiento	Coordenadas UTM (HUSO 20)	
				Este	Norte
1	Diaclasa	S25°E	26°SW	318677	847759
1	Diaclasa	N24°W	23°NE	318545	847780
2	Diaclasa	S67°E	24°SW	318332	847721
2	Diaclasa	S48°W	30°NW	318255	847627
2	Diaclasa	N27°W	24°SW	318140	847601
2	Diaclasa	N29°E	30°NW	318059	847665
3	Diaclasa	N09°E	30°NW	317663	847712
3	Diaclasa	S20°E	24°NE	317800	847946
3	Diaclasa	S56°E	37°NE	317729	848070
3	Diaclasa	S21°E	23°NE	317651	847891

### 5.5.2 Foliaciones

De acuerdo a los datos de las foliaciones (Tabla 5.13) hay 2 direcciones preferenciales: en el afloramiento 2, una entre S 30°- 40°E, con buzamientos de 35°SW y 20°NE, respectivamente, que indica la presencia de plegamiento; y en el afloramiento 3 de S10° - 17°E, con buzamientos de 25° y 40° al SW y 15°NE, indicando también plegamiento.

Tabla 5.13. Foliaciones pertenecientes a los afloramientos 2 y 3.

Afloramiento	Estructura geológica	Rumbo	Buzamiento	Coordenadas UTM (HUSO 20)	
				ESTE	NORTE
2	Foliación	S30°E	20°NE	318268	847814
2	Foliación	S40°E	35°SW	318179	847772
3	Foliación	S15°E	40°SW	317599	847776
3	Foliación	S17°E	15°NE	317612	848032
3	Foliación	S10°E	25°SW	317714	847959

## 5.6 Análisis de los diagramas de rosas de las estructuras geológicas

Con los datos de azimut de las diaclasas presentes en los afloramientos (Tabla 5.14), se elaboró un diagrama general y los diagramas de rosas por afloramiento y estación.

Tabla 5.14. Datos de las diaclasas de las estaciones 1, 2 y 5.

Estación	Afloramiento	Diaclasa	Rumbo	Azimut	Coordenadas UTM (HUSO 20)	
					Este	Norte
2	1	D1	S25°E	N 155°	318677	847759
2	1	D2	S24°E	N 156°	318545	847780
1	2	D3	S67°E	N 113°	318332	847721
1	2	D4	S48°W	N 228°	318255	847627
1	2	D5	S27°E	N 153°	318140	847601
1	2	D6	N29°E	N 24°	318059	847665
5	3	D7	N09°E	N 9°	317663	847712
5	3	D8	S20°E	N 160°	317800	847946
5	3	D9	S56°E	N 124°	317729	848070
5	3	D10	S21°E	N 160°	317651	847891

### 5.6.1 Diagramas de rosas de los afloramientos 1, 2 y 3, estaciones 1, 2 y 5

Del análisis de la figura 5.4 se determinaron que en el área de estudio se presentan 10 familias de diaclasas, agrupadas en 4 sectores: 1) entre los azimut N 9° y N 24°, 2) N 113° y N 124°, 3) N 153° y N 160° y 4) N228°.



Figura 5.5. Diagrama de rosas de los afloramiento 1, 2 y3, estaciones 1,2 y 5.

### 5.6.2 Diagramas de rosas del afloramiento 1, estación 2

Del analisis de la figura 5.5 se determina un sistema de diaclasas paralelos con azimut de N125°.

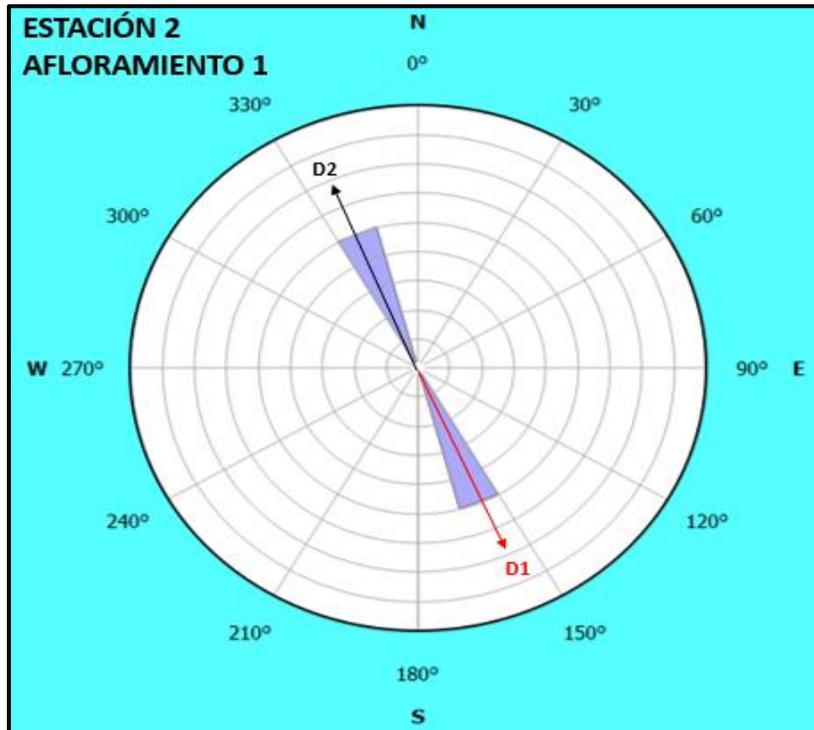


Figura 5.6. Diagrama de rosas del afloramiento 1- Estación 2.

### 5.6.3 Diagramas de rosas del afloramiento 2, estación 1

Del análisis de la figura 5.6 se determinó un sistema de diaclasas ortogonales con azimut N 24° y N 113° y 2 sistemas de diaclasas conjugadas, uno con de azimut de N24° y N 228°, y el otro de azimut N 113° y N 153°.

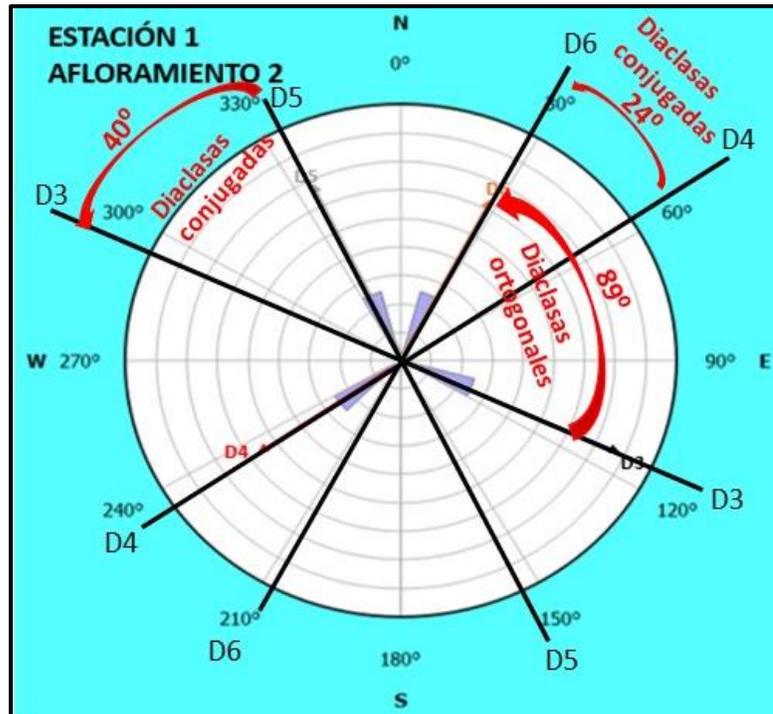


Figura 5.7. Diagrama de rosas del afloramiento 2, estación 1.

#### 5.6.4 Diagramas de rosas del afloramiento 3, estación 5

Del análisis de la figura 5.7 se determinaron 2 sistemas de diaclasas conjugadas, uno con azimut de  $N160^\circ$  y  $N189^\circ$ , y el otro de azimut  $N124^\circ$  y  $N160^\circ$ .

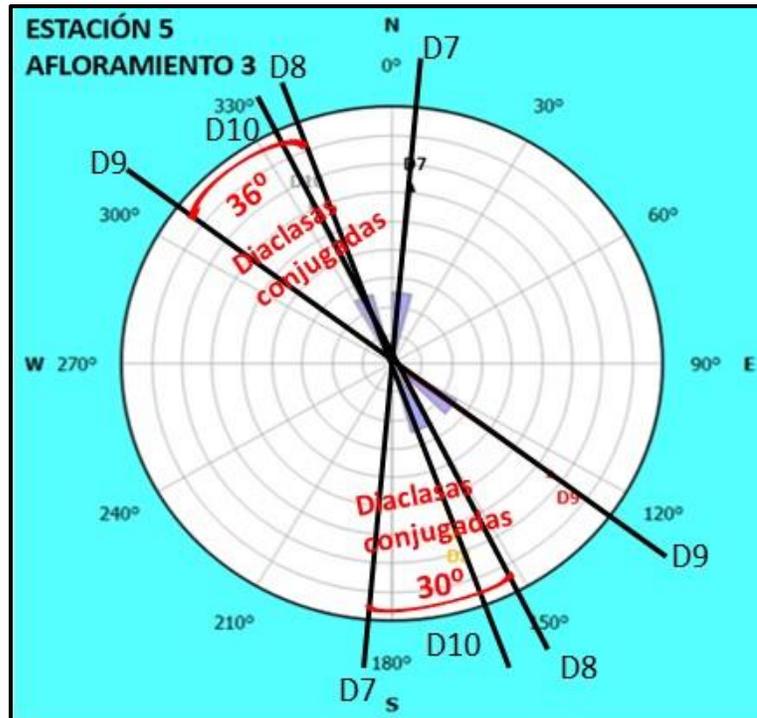


Figura 5.8. Diagrama de rosas del afloramiento 3, estación 5.

### 5.6.5 Diagramas de rosas de los afloramientos 2 y 3, estaciones 1 y 5

Del análisis de los datos de la tabla 5.15 y la figura 5.8, se determinaron que en el afloramiento 2, hay 2 direcciones preferenciales, una de azimut  $N40^\circ$  y otra  $N150^\circ$ , que indica la presencia de plegamiento; y en el afloramiento 3, también hay 2 direcciones de azimut  $N163^\circ - N165^\circ$  y  $N350^\circ$ , indicando plegamiento.

Tabla 5.15. Datos de las foliaciones de las estaciones 1, 2 y 5.

Estación	Afloramiento	Foliación	Azimut	Coordenadas UTM (HUSO 20)	
				ESTE	NORTE
1	2	F1	$N 150^\circ$	318268	847814
1	2	F2	$N 40^\circ$	318179	847772
5	3	F3	$N 165^\circ$	317599	847776
5	3	F4	$N 163^\circ$	317612	848032
5	3	F5	$N 350^\circ$	317714	847959

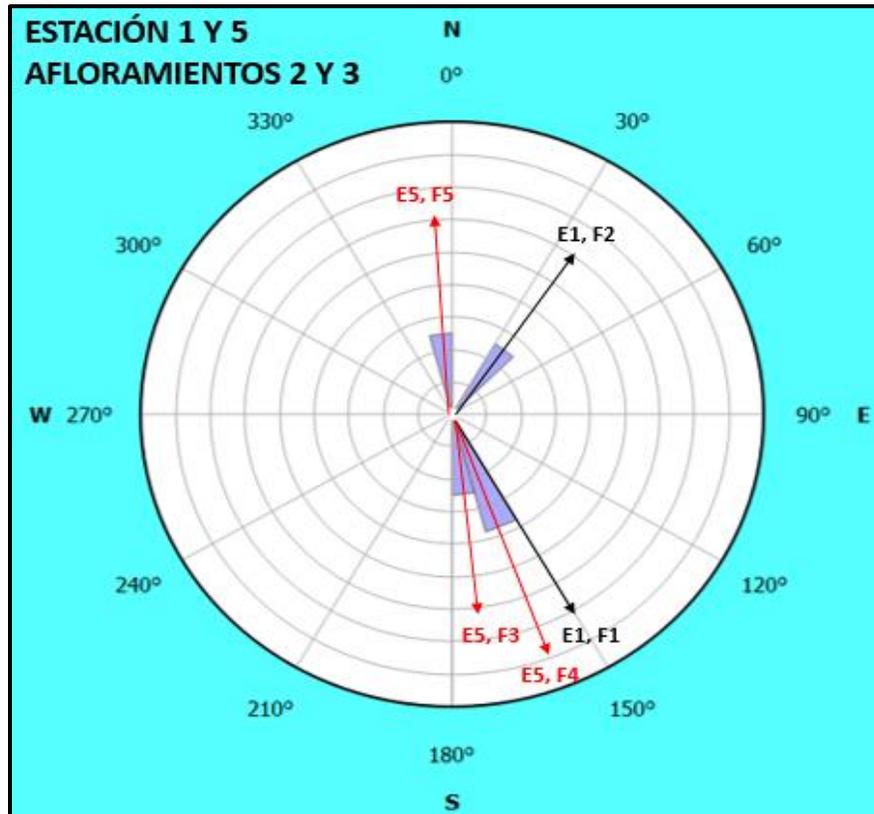


Figura 5.9. Diagrama de rosas de las foliaciones de los afloramientos 2 y 3, estaciones 1 y 5.

### 5.7 Análisis del mapa geológico de superficie

En la zona se encuentran tres unidades estratigráficas, de más antigua a más joven, son: Complejo de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos del Reciente, también sus estructuras asociadas (Figura 5.10).

El Complejo de Imataca se encuentra al noroeste del área de estudio, está constituido por gneises graníticos - tonalíticos, de colores negro y gris claro, diaclasados y muy meteorizados, ocupando un 5,4% de dicha área. La Formación Mesa se encuentra ubicada en toda el área de estudio, y cubre aproximadamente un 70,3% y está conformada por arenas medias a finas. Además, se encuentran la unidad

de Sedimentos del Reciente bordeando al río Pao y la quebrada La Esperanza, conformado por arenas gruesas a finas, ocupando un 24,3% del área de estudio.

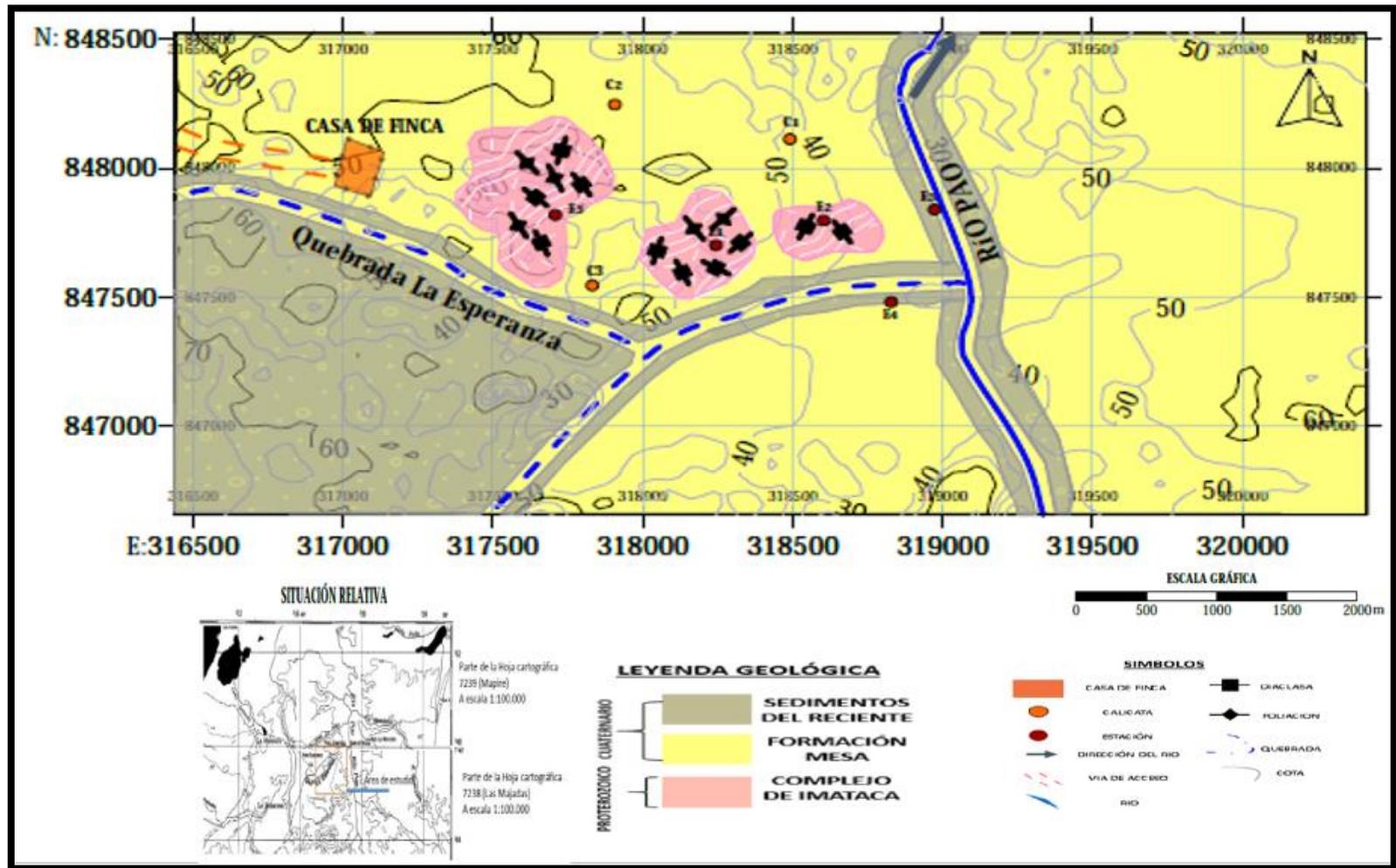


Figura 5.10. Mapa geológico del área de estudio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1) En la zona de la quebrada La Esperanza en la parte de la cuenca media del sector del fundo La Esperanza, se identificaron 3 unidades estratigráficas, que son rocas del Complejo de Imataca, la Formación Mesa y Sedimentos del Reciente.

2) El Complejo de Imataca, en la zona de estudio presenta gneises de grano medio a fino y fino, blancos y negros, foliados; la Formación Mesa, presenta gravas y sedimentos arcillosos, gris claro y marrón amarillento y rojo, en contacto discordante con rocas del Complejo de Imataca y con Sedimentos del Reciente. Sedimentos Recientes, representados por los coluviones y aluviones de origen fluvial, en su mayoría gravas y arenas de grano fino a grueso de gris claro y marrón claro.

3) Los afloramientos 1 y 2 presentan gneises graníticos tonalíticos, de colores negros y gris, con bandas de anfibolitas y diques de cuarzo blanco; y el afloramiento 3 la misma litología excepto anfibolita.

4) La composición mineralógica de las muestras de los gneises tonalíticos está conformada por plagioclasa de 35 a 40%, mica biotita de 23 a 30%, cuarzo de 17 a 21%, hornblenda de 11 a 13% , y epidota de 3 a 5%. Las anfibolitas presentan plagioclasa cálcica de 48 a 50 %, anfíbol de 22 a 24%, piroxeno 16 %, y hornblenda de 10 a 14%.

5) De acuerdo a los resultados de los análisis granulométricos se tiene que los sedimentos del río Pao y la quebrada La Esperanza son arenas de grano grueso a medio, y en la Formación Mesa arenas de grano medio a fino.

6) Las partículas de los sedimentos del río Pao son mayormente de forma sub-angulosa (43,50%) con tendencia a sub-redondeada (41,50), indicando que tuvieron moderado transporte.

7) Las partículas de los sedimentos de la quebrada La Esperanza son mayormente de forma sub-angulosa (55%) con tendencia a sub redondeada (30%), lo que indica poco a moderado transporte.

8) Las partículas de los sedimentos de la Formación mesa presentan mayormente forma sub-angulosa (41% - 61%) con tendencia a sub redondeada (28% - 43%), lo que indica poco a moderado transporte.

9) De acuerdo a los diagramas de rosas, en el área de estudio se presentan 10 familias de diaclasas, agrupadas en 4 sectores: 1) entre los azimut N 9° y N 24°, 2) N 113° y N 124°, 3) N 153° y N 160° y 4) N228°.

10) Los diagramas de rosas indican, en el afloramiento 2, un sistema de diaclasas ortogonales con azimut N 24° y N 113° y 2 sistemas de diaclasas conjugadas, uno con azimut de N24° y N 228°, y el otro de azimut N 113° y N 153°; y el afloramiento 3, 2 sistemas de diaclasas conjugadas, uno con azimut de N160° y N 189°, y el otro de azimut N 124° y N 160°.

11) Los datos de las foliaciones indican 2 direcciones preferenciales: en el afloramiento 2 de S 30°- 40°E, con buzamientos de 35°SW y 20°NE; y en el afloramiento 3 de S10° - 17°E, con buzamientos de 25° y 40° al SW y 15°NE, indicando también plegamiento.

12) En el mapa geológico el Complejo de Imataca, ocupa un 5,4%, la Formación Mesa el 70,3% y los Sedimentos del Reciente que bordean al río Pao y la quebrada La Esperanza, un 24,3% del área de estudio.

## **Recomendaciones**

1) Realizar los análisis petrográficos de secciones delgadas para corroborar la clasificación realizada macroscópicamente.

2) Analizar químicamente los sedimentos de la quebrada La Esperanza que se encuentran ubicado dentro de la zona de estudio.

3) Actualizar la información que existe en esta zona con los nuevos aportes realizados por trabajos de investigación.

4) Realizar otros levantamientos geológicos cercanos al área estudiada para incrementar la información debido a la poca existencia de las características geológica y estructural detallada de la zona.

## REFERENCIAS

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.

Ascanio, T. Gustavo (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DE CERRO BOLÍVAR**, Venezuela. En Conf.Geol.Interguiana. 10th. BelBrasil.Mem. pp. 181-197.

Barredo, S. (2019). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Consulta 22 de julio de 2022, [<https://docplayer.es/13001664-Rocas-sedimentarias-silvia-barredo.html>].

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G)-Técnica Minera C.A. (TECMIN). (1989). **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA**. Informes de Avance. Clima, Geología, Geomorfología, Suelos, Vegetación. Tomos I y II: Mapas a Escala 1: 250 000. Ciudad Bolívar.

CVG Tecmin, (1991). **INFORME DE AVANCE NC-20-14**. Tomo I, II y III.

Fossen, H. (2010) **STRUCTURAL GEOLOGY**. Cambridge University Press, New York.

Geología Web (2021). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Consulta (31/07/2021). (<https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/sedimentos/>).

Gill, Robin (2010) **IGNEOUS ROCKS AND MAGMATIC PROCESSES**. Pág. 242.

Krumbein y Sloss (1969) **ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTACIÓN**. Editorial: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.

Marcano Astrid y Marin Yemifer (2015). **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO MARCELA, SECTOR RÍO MARCELA, PARROQUIA ORINOCO, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**.

Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. 93 P.

Mendoza, V. (1974). **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA (RESUMEN)**. II Congreso Latinoamericano de Geología, MEM. Caracas. pp 75.

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA**. Puerto Ordaz, Venezuela.

Mendoza, V. (2005) **GEOLOGIA DE VENEZUELA ESCUDO DE GUAYANA, ANDES Y CARIBE**. Tomo I. Escuela de Ciencias de la Tierra.

Navarrete Cuesta, Edison (2017) **APUNTES DE ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTACIÓN**. Escuela Superior Politécnica Del Litoral (Espol). Campus Perimetral - Guayaquil – Ecuador, pp 64.

Petróleos de Venezuela, PDVSA – Intevep. (1997 – 2005) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Versión Digitalizada.

Pérez, J. (2015). **OBTENCIÓN DE MATERIALES**. 31 de junio de 2029. (<https://www.studocu.com/en/document/instituto-politecnico-nacional/analisisquimico/practical/analisis-mineralogico-1/2550192/view>)

Pettijohn, F. (1949) **SEDIMENTARY ROCKS**. Edición Harper. Universidad de California. 1er ed. Pp. 526.

Ramsay J. G. y Huber M. I. (1987). **THE TECHNIQUES OF MODERN STRUCTURAL GEOLOGY**. Volume 2: Folds and Fractures. 391 pp

Schumberger Oilfield Glossary (2019). **MAPA GEOLÓGICO** 28 de octubre de 2019, Disponible en [https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/g/geologic\\_map.aspx](https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/g/geologic_map.aspx) .

Tarbut, E. Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA, INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Pearson Prentice hall, Madrid, España.

Van der Pluijm, B. A., y Marshak, S. (2004) **EARTH STRUCTURE: AN INTRODUCTION TO STRCUTURAL GEOLOGY AND TECTONICS**. W.W

Norton y Company, Inc, New York.

Wikipedia. **REGIÓN NATURAL**. 10 de agosto 2021. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n\\_natural](https://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n_natural) .

Wolfgang, G. (2001). **DIAGRAMA DE ROSAS O ROSETA DE DIACLASAS**. En línea 2016, 21 de agosto. Disponible en: [<http://www.geovirtual.cl/Geoestructural/prak03.htm>].

## **APÉNDICES**

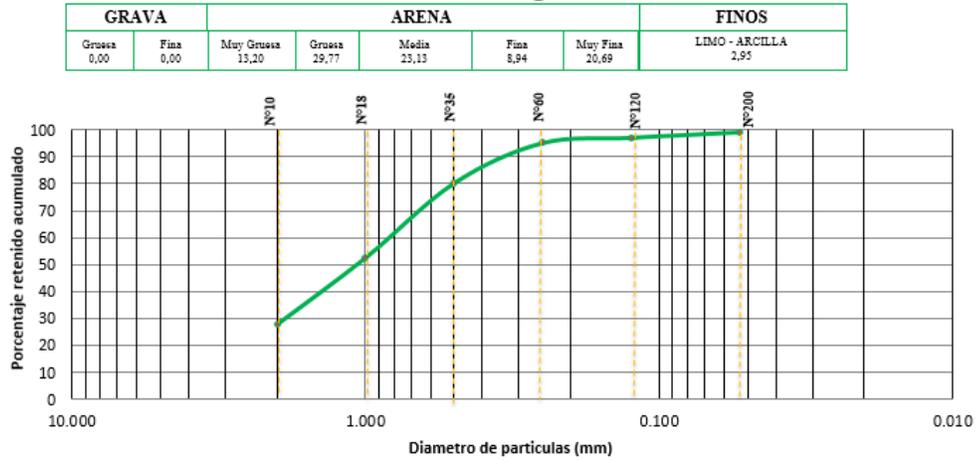
**APÉNDICE A**  
**CURVAS DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: RIO PAO  
 MUESTRA: MARGEN IZQUIERDO  
 PESO DE LA MUESTRA: 1000 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO GRUESO A MEDIO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
10	2.000	672.2	950.5	278.3	27.83	27.83	72.17
18	1.000	603.63	850.7	247.07	24.71	52.54	47.46
35	0.500	553.6	830.6	277	27.70	80.24	19.76
60	0.250	521.36	670.9	149.54	14.95	95.19	4.81
120	0.125	487.82	507.9	20.08	2.01	97.20	2.80
200	0.053	400.36	420.8	20.44	2.04	99.24	0.76
PAN	0	483.53	491.1	7.57	0.76	100.00	0.00
Peso (gr)				1000			
Error				0			

### Distribución o curva granulométrica



A.1. Curva de distribución granulométrica de la muestra del rio Pao.

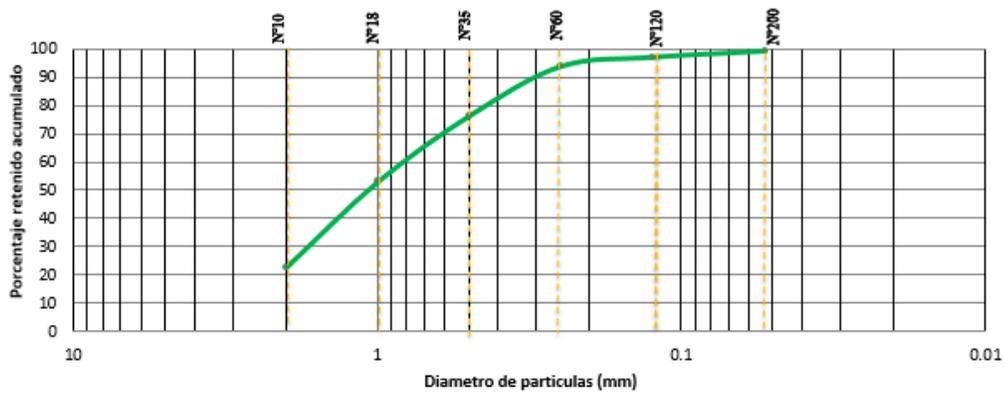
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: QUEBRADA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: MARGEN IZQUIERDO  
 PESO DE LA MUESTRA: 1000 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO GRUESO A MEDIO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
10	2,000	672,2	900,3	228,1	22,83	22,83	77,17
18	1,000	603,63	905,8	302,17	30,24	53,07	46,93
35	0,500	553,6	785,9	232,3	23,25	76,32	23,68
60	0,250	521,36	696,8	175,44	17,56	93,88	6,12
120	0,125	487,82	520,3	32,48	3,25	97,13	2,87
200	0,053	400,36	422,1	21,74	2,18	99,30	0,70
PAN	0	483,53	490,5	6,97	0,70	100,00	0,00
Peso (gr)				999,2			
Error				0,8			

### Distribución Granulométrica

GRAVA		ARENA					FINOS
Gruesa	Fina	Muy Gruesa	Gruesa	Media	Fina	Muy Fina	LIMO - ARCILLA
0,00	0,00	13,20	29,77	23,13	8,94	20,69	2,95

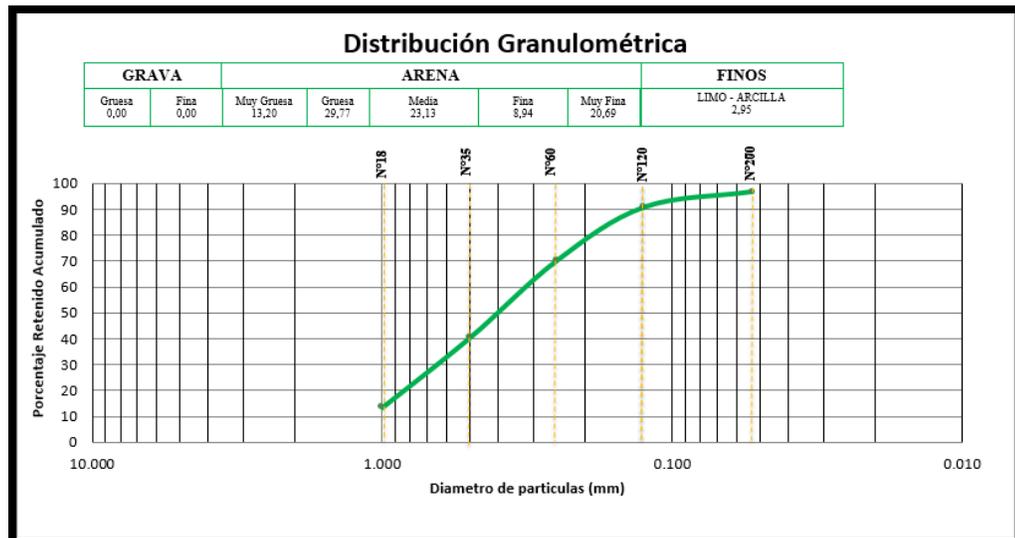


A.2. Curva de distribución granulométrica de la muestra de la quebrada La Esperanza.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: FINCA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: CIMI  
 PESO DE LA MUESTRA: 500 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO MEDIO A FINO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
18	1,000	603,63	670,3	66,67	13,39	13,39	86,61
35	0,500	553,6	687,3	133,7	26,85	40,23	59,77
60	0,250	521,36	670,5	149,14	29,95	70,18	29,82
120	0,125	487,82	590,6	102,78	20,64	90,82	9,18
200	0,053	400,36	430,1	29,74	5,97	96,79	3,21
PAN	0	483,53	499,5	15,97	3,21	100,00	0,00
Peso (gr)				498			
Error				2			



A.3. Curva de distribución granulométrica de la muestra C1M1.

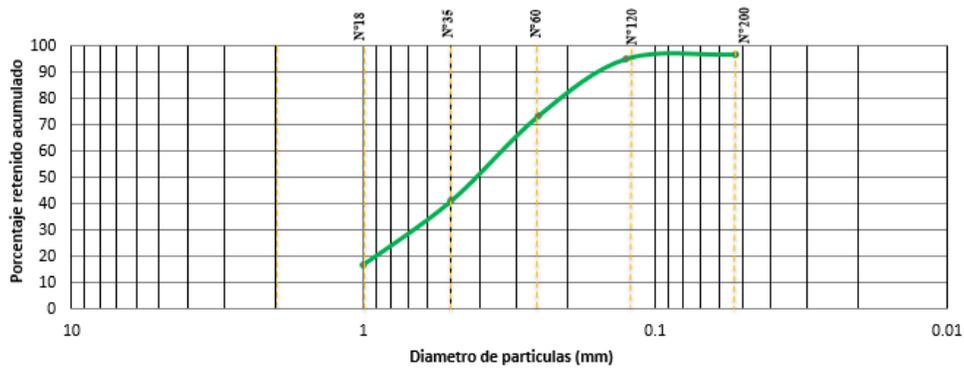
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: FINCA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: C2M1  
 PESO DE LA MUESTRA: 500 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO MEDIO A FINO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
18	1,000	603,63	688,1	84,47	16,93	16,93	83,07
35	0,500	553,6	674,5	120,9	24,23	41,16	58,84
60	0,250	521,36	683,7	162,34	32,53	73,69	26,31
120	0,125	487,82	595,9	108,08	21,66	95,35	4,65
200	0,075	400,36	408,5	8,14	1,63	96,98	3,02
PAN	0	483,53	498,6	15,07	3,02	100,00	0,00
Peso (gr)				499			
Error				1			

### Distribución granulométrica

GRAVA		ARENA					FINOS
Gruesa 0,00	Fina 0,00	Muy Gruesa 13,20	Gruesa 29,77	Medio 23,13	Fina 3,94	Muy Fina 20,69	LIMO - ARCILLA 2,95



A.4. Curva de distribución granulométrica de la muestra C2M1.

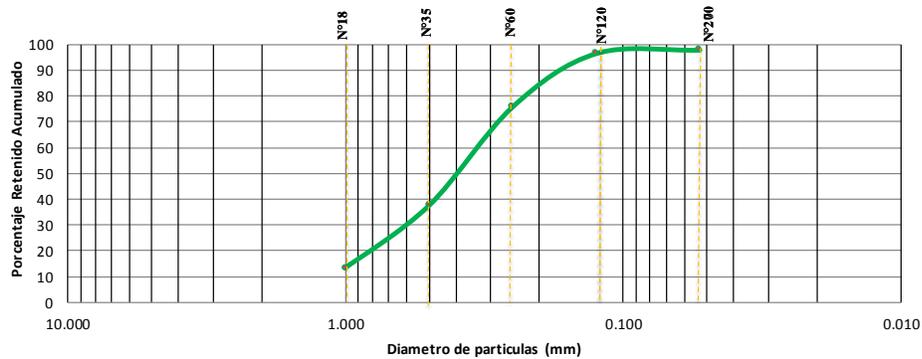
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: FINCA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: C2M2  
 PESO DE LA MUESTRA: 500 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO MEDIO A FINO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
18	1,000	603,63	670,1	66,47	13,32	13,32	86,68
35	0,500	553,6	674,4	120,8	24,20	37,52	62,48
60	0,250	521,36	712,7	191,34	38,34	75,86	24,14
120	0,125	487,82	591,3	103,48	20,73	96,59	3,41
200	0,053	400,36	407,1	6,74	1,35	97,94	2,06
PAN	0	483,53	493,8	10,27	2,06	100,00	0,00
Peso (gr)				499,1			
Error				0,9			

### Distribución Granulométrica

GRAVA		ARENA					FINOS
Gruesa 0,00	Fina 0,00	Muy Gruesa 15,20	Gruesa 29,77	Media 23,13	Fina 8,94	Muy Fina 20,69	LIMO - ARCILLA 2,95



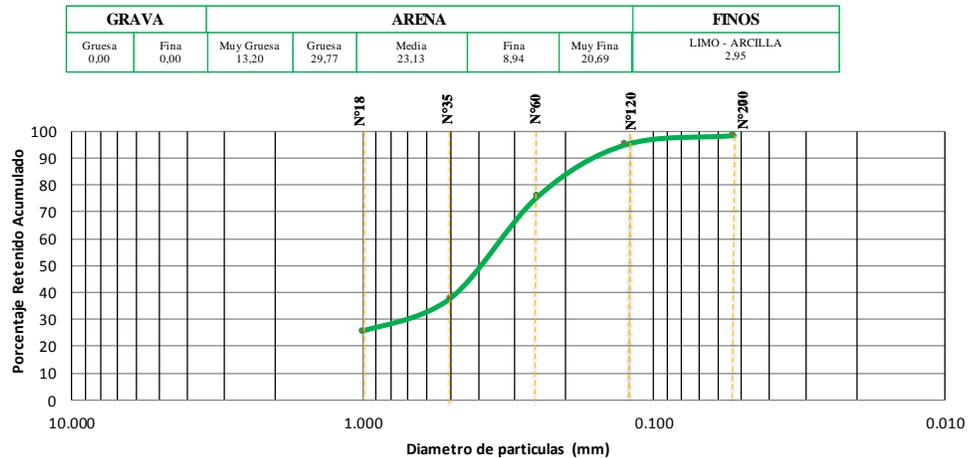
A.5. Curva de distribución granulométrica de la muestra C2M2.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLOGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: FINCA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: C3M1  
 PESO DE LA MUESTRA: 500 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO MEDIO A FINO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
18	1,000	603,63	730,2	126,57	25,35	25,35	74,65
35	0,500	553,6	614,5	60,9	12,20	37,55	62,45
60	0,250	521,36	711,9	190,54	38,17	75,72	24,28
120	0,125	487,82	584,4	96,58	19,35	95,07	4,93
200	0,053	400,36	417,7	17,34	3,47	98,54	1,46
PAN	0	483,53	490,8	7,27	1,46	100,00	0,00
				Peso (gr)	499,2		
				Error	0,8		

### Distribución Granulométrica

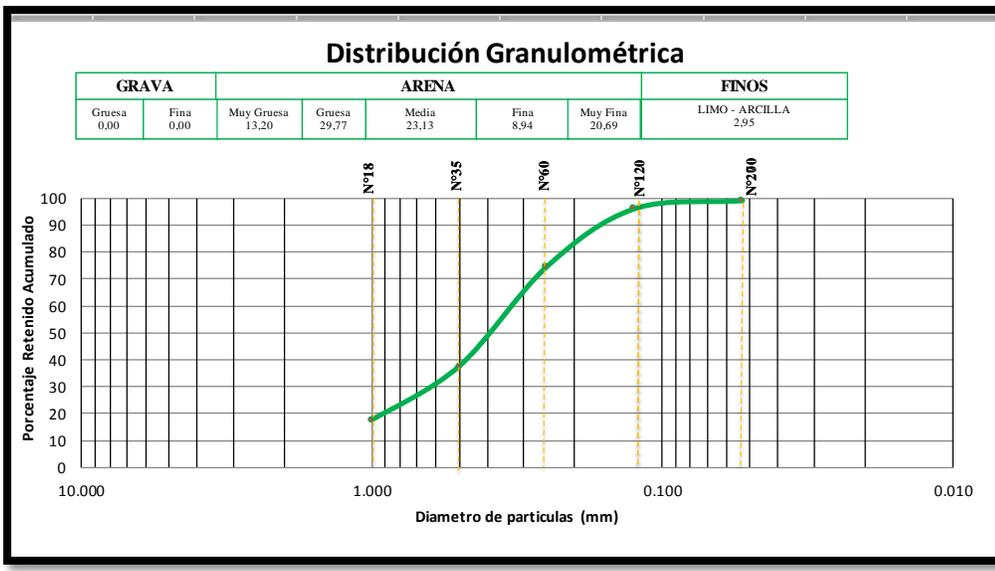


A.6. Curva de distribución granulométrica de la muestra C3M1.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
 NUCLEO BOLIVAR  
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 DEPARTAMENTO DE ING.GEOLÓGICA  
 TABLA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

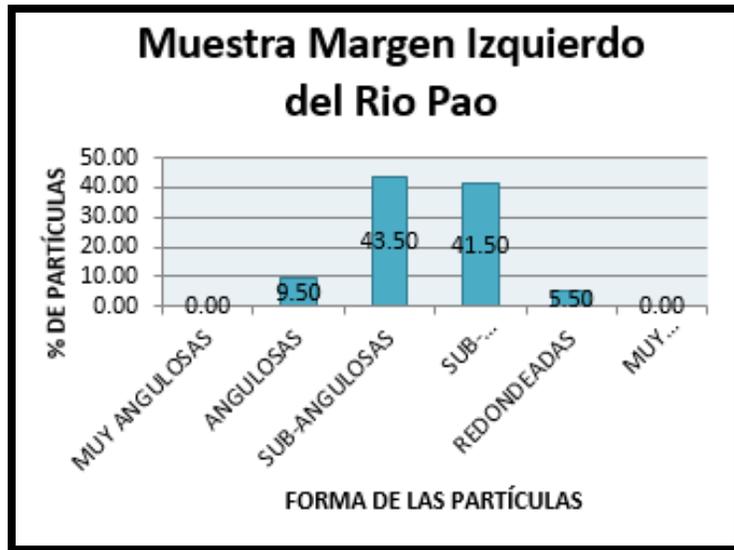
FECHA: JULIO 2022  
 LUGAR: FINCA LA ESPERANZA  
 MUESTRA: C3M2  
 PESO DE LA MUESTRA: 500 GR  
 DESCRIPCION: ARENA DE GRANO MEDIO A FINO

Nº tamiz	Abertura (mm)	Peso Tamiz (gr)	Peso tamiz + muestra (gr)	Suelo retenido (gr)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
18	1,000	603,63	690,2	86,57	17,34	17,34	82,66
35	0,500	553,6	653,5	99,9	20,01	37,35	62,65
60	0,250	521,36	705,9	184,54	36,97	74,32	25,68
120	0,125	487,82	595,4	107,58	21,55	95,87	4,13
200	0,053	400,36	415,7	15,34	3,07	98,94	1,06
PAN	0	483,53	488,8	5,27	1,06	100,00	0,00
Peso (gr)				499,2			
Error				0,8			

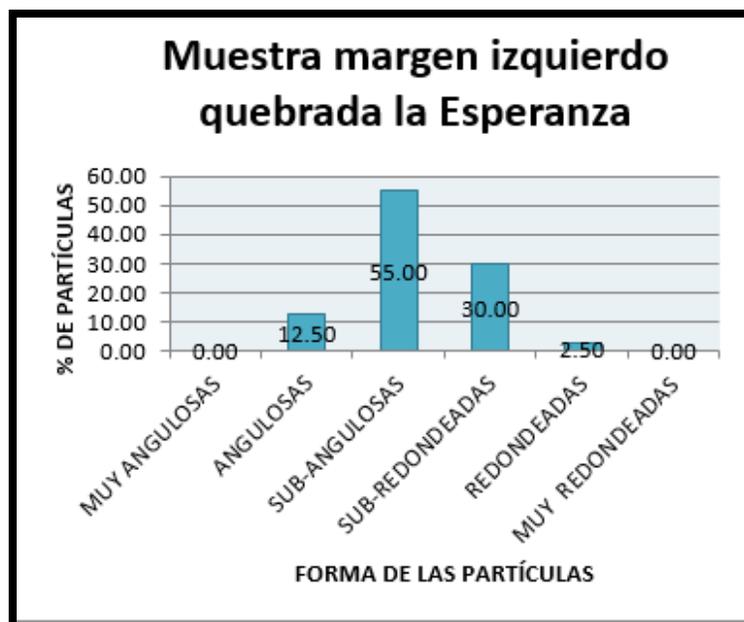


A.7. Curva de distribución granulométrica de la muestra C3M2.

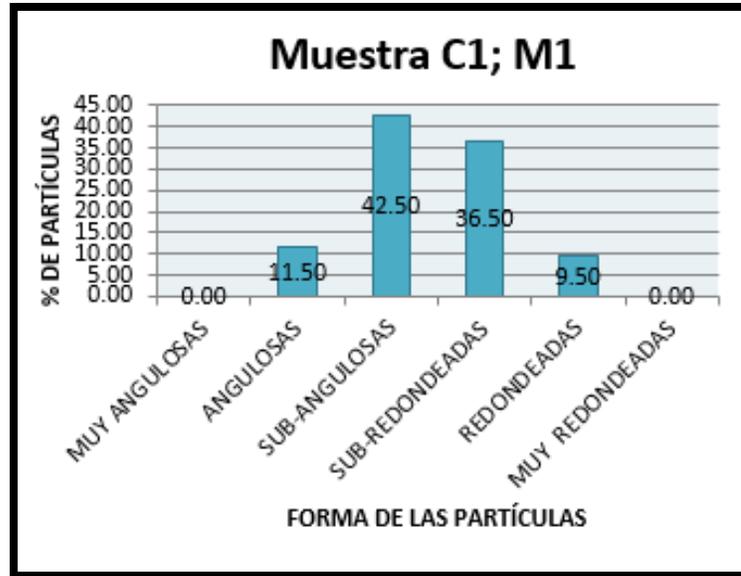
**APÉNDICE B**  
**DISTRIBUCIÓN DE FORMAS DE LAS PARTÍCULAS**



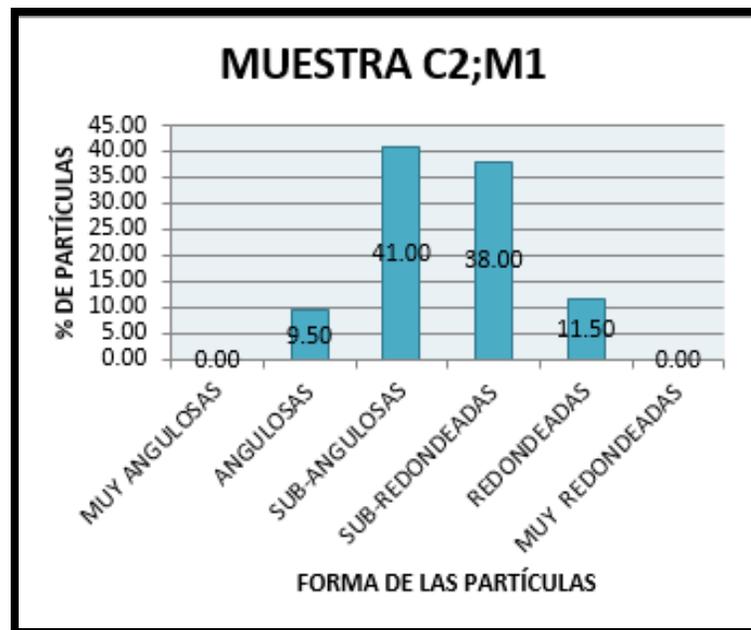
B.1. Distribución de formas de partículas de la muestra margen izquierdo del rio Pao.



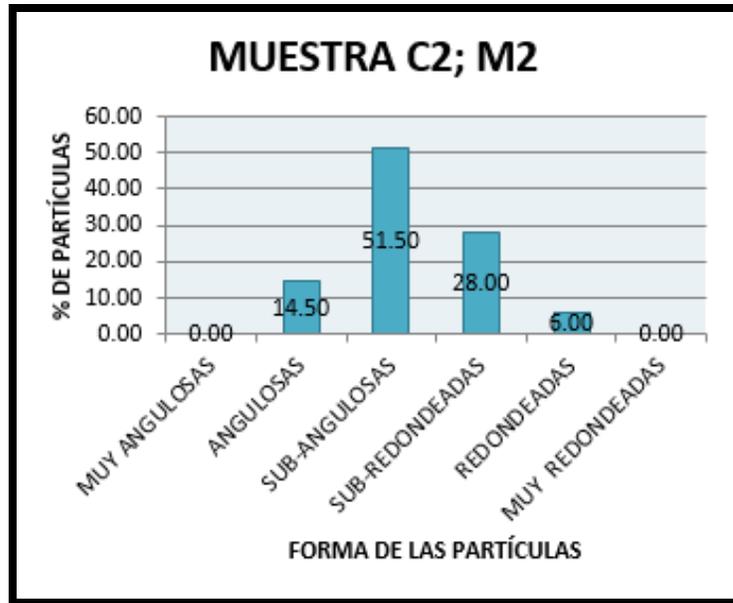
B.2. Distribución de formas de partículas de la muestra margen izquierdo de la quebrada La Esperanza.



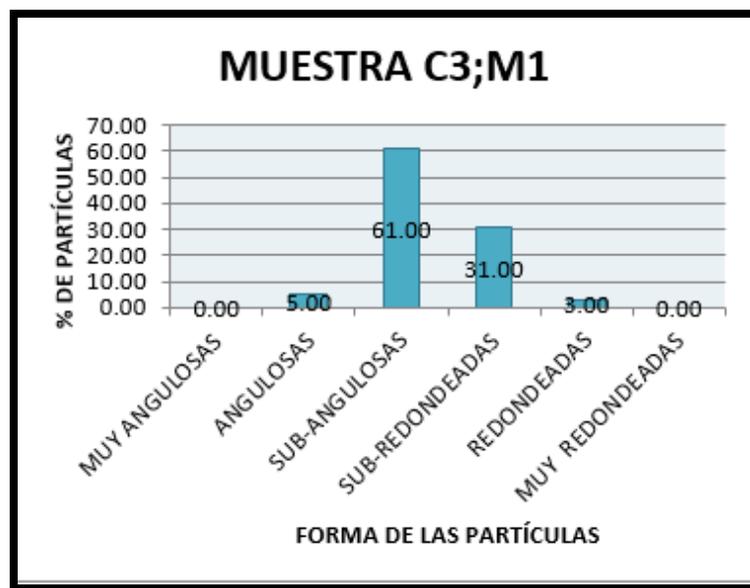
B.3. Distribución de formas de partículas de la muestra C1M1.



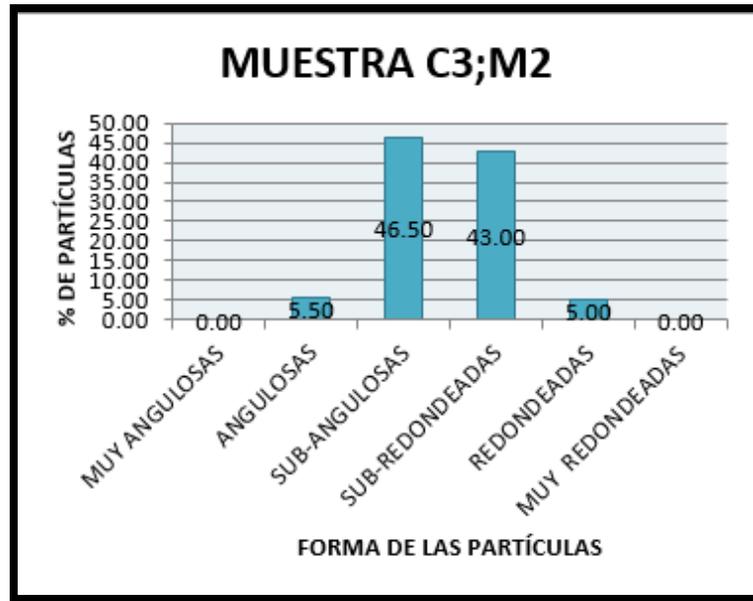
B.4. Distribución de formas de partículas de la muestra C2M1.



B.5. Distribución de formas de partículas de la muestra C2M2.



B.6. Distribución de formas de partículas de la muestra C3M1.



B.7. Distribución de formas de partículas de la muestra C3M2.