

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



**CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS  
AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA QUEBRADA CARDOZO,  
EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO  
ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO  
PRESENTADO POR LOS  
BACHILLERES: CAMPOS R.,  
DIANA P., Y RAMIREZ LC.,  
CARLOS E., PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO  
GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2022**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado titulado: **“CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA QUEBRADA CARDOZO, EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por los bachilleres: **CAMPOS R., DIANA P.** de cedula de identidad No. **26.360.530**, y **RAMIREZ LC., CARLOS E.** de cedula de identidad No. **26.355.364**, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

**Apellidos y nombres:**

**Firma:**

Prof. Rivadulla, Rosario

(Asesor)

Prof. Berenice Sandoval

(Jurado)

Prof. José Simón González

(Jurado)

Prof. Sandoval, Berenice

Jefe del Dpto. de Ingeniería Geológica

Prof. Monteverde, Francisco

Director de la Esc. de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 15 días del mes de Junio 2022

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por ser mi guía, por su gran misericordia para conmigo, por estar aun cuando no creía poder más, por ser mi socorro en cada paso, por la fortaleza que me ha brindado y por permitirme cumplir esta nueva meta como profesional.

A mis padres Pedro Campos y Briceida Romero, por ser mi apoyo incondicional, por motivarme día a día, por su gran amor, sacrificio, consejos y valores los cuales me han ayudado a llegar a donde estoy.

*Diana Campos.*

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres Marco Ramírez y Haisquel La Cruz, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

*Carlos Ramírez*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios primeramente por haberme ayudado a llegar hasta este punto, por darme las fuerzas y la salud para levantarme cada mañana, por su gran amor, por ser mi guía y por permitirme emprender está dándome la sabiduría para terminarla.

A mis padres Pedro Campos, Briceida Romero y mi hermano Carlos Campos por su apoyo incondicional, por sus consejos, por estar siempre en esos momentos que necesite de ellos, por ayudarme con los recursos necesarios para ser posible esta meta, por los valores y la educación que me han brindado, por su gran amor, a ustedes mil gracias.

A mis abuelas (Rosa Romero y Juana Rivas), Tías (Yolanda López, Elizabeth López, Milagros Romero) y Tío (Robert Galilea) por brindarme su apoyo, amor y respaldo en el transcurso de este camino.

A mi novio y compañero de tesis Carlos Ramírez, por ser mi compañero y apoyo en cada paso de nuestra carrera, por su empeño para realizar este proyecto y por su amor para conmigo.

A mis compañeros de estudio, amigos (Ramón Bordonés, Paola Almedo y Katherine Gutiérrez) por acompañarme, darme su apoyo y mano amiga en cada momento que los necesite, a ustedes, gracias.

A la familia que me regalo Ciudad Bolívar a lo largo de mi carrera, Sra Haisquel La Cruz, Sr Marco Ramírez, Abuelita Jesús, Tía Amuray, Tío Luis y Sr Gerardo, Sra Darnelis, por estar para mí, ayudarme con mis comidas, transporte, y muchas más cosas a lo largo de mi carrera, Dios los bendiga. También a todas esas

personas que de forma directa e indirecta me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera.

A nuestra Tutora: Ing. Rosario Rivadulla por todo el apoyo, paciencia, atención desde el inicio hasta el fin, gracias infinitas, Dios la bendiga grandemente. Gracias a todos los profesores de la Universidad de Oriente, quienes nos brindaron las bases necesarias para continuar nuestro camino.

*Diana Campos.*

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Marco Ramírez; y, Haisquel La Cruz, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a mi abuelita Jesús de la Cruz, mi segunda madre que me guio, inculco siempre el buen camino, que Dios me la bendiga y me le dé larga vida.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi novia Diana Campos por ser un apoyo incondicional en mi vida, te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de esta tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

De manera especial a mi tutora de tesis Rosario Rivadulla, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad de Oriente núcleo Bolívar

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. Gracias Ramón Bordones por apoyarnos.

*Carlos Ramírez*

## RESUMEN

La zona de estudio se encuentra al oeste de la Quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, ubicado en la vía Ciudad Bolívar - Ciudad Piar, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela. Entre los objetivos de este trabajo están la identificación de las unidades geológicas y las estructuras geológicas presentes mediante el levantamiento geológico de superficie, la clasificación de las estructuras geológicas asociadas a las rocas, la clasificación de los suelos de acuerdo a las normas ASTM-D-2487-00, la descripción macroscópica de las rocas, la elaboración de un mapa geológico - estructural basado en el levantamiento geológico de superficie del sector Canaán utilizando el Software Golden Surfer. Como resultados se obtuvo que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Recientes; las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas, zona de cizallamiento y foliaciones; Los diferentes estratos de suelos presentes en la quebrada Cardozo según la norma ASTM-D2487-00 fueron clasificados como arenas medias a gruesas, mal gradadas con pocos finos o sin finos, de simbología SP; macroscópicamente los afloramientos rocosos de la quebrada Cardozo están compuestos por rocas metamórficas, predominantemente gneises graníticos de grano medio a grueso, con textura granoblástica. Pueden presentarse granulitas de textura granoblástica. Los gneises están constituidos mineralógicamente por Mica biotita 30%, Plagioclasa 40%, Cuarzo 15%, Hornblenda 8% y Feldespatos 7%; las granulitas por Plagioclasa 40%, Mica biotita 5%, Hornblenda 35% y Piroxenos 20%; y los gneises monzónicos por Feldespatos 10%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 25%, Biotita 5% y Hornblenda 30%. Finalmente, en el plano topográfico se aprecia el relieve debido a los desniveles de la zona, en la cual destacan los afloramientos rocosos; el paso de la quebrada Cardozo y los sedimentos del Reciente bordeando al río y a sus afluentes. El mapa geológico - estructural muestra los límites de las tres unidades geológicas presentes en el sector Canaán.

## TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS .....	xiv
LISTA DE APÉNDICES .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	2
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.....	3
1.3 Justificación de la investigación .....	4
1.4 Alcances de la investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
GENERALIDADES .....	6
2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	6
2.2 Acceso al área de estudio .....	7



2.3 Características físico-naturales del área de estudio .....	7
2.3.1 Clima .....	7
2.3.1.1 Temperatura.....	8
2.3.1.2 Precipitación.....	9
2.3.1.3 Vientos .....	9
2.3.2 Vegetación .....	10
2.3.4 Hidrografía.....	12
2.3.5 Relieve .....	12
2.3.5.1 Montaña .....	12
2.3.5.2 Lomerío .....	12
2.3.5.3 Peniplanicie.....	13
2.3.4 Suelos.....	13
2.4 Geología regional.....	14
2.4.1 Unidad 110001 .....	14
2.5 Geología estructural .....	18
CAPÍTULO III .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
3.1 Antecedentes de la investigación.....	22
3.3 Fundamentos teóricos.....	24
3.3.1 Clasificación de suelos .....	24
3.3.2 Análisis granulométrico por el método del tamizado.....	26
3.3.4 Diaclasas.....	28
3.3.5 Diagrama de Rosas .....	31

3.4 Definición de términos básicos.....	33
3.4.1 Rumbo .....	33
3.4.2 Buzamiento .....	34
3.4.3 Provincia geológica .....	34
3.4.4 Mapa geológico .....	35
3.4.5 Sills .....	35
3.4.6 Foliación .....	35
CAPÍTULO IV .....	37
METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	37
4.1 Tipo de investigación .....	37
4.2 Diseño de la investigación.....	37
4.3 Población y muestra.....	38
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	39
4.4.1 Técnicas de recolección de datos .....	39
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	40
4.5 Flujograma de investigación.....	40
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos.....	42
4.6.1 Etapa I: Consulta de fuentes .....	42
4.6.2 Etapa II: Inspección del área de estudio .....	42
4.6.3 Etapa III: Fase de oficina .....	48
4.6.4 Etapa IV: Análisis e interpretación .....	52
CAPÍTULO V .....	53
ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	53
5.1 Identificar las características físico natural del área .....	53
5.2 Características de los afloramientos.....	56

5.3 Clasificación de las rocas de los afloramientos .....	57
5.4 Clasificación de las estructuras geológicas.....	59
5.5 Mapa geológico de superficie .....	63
5.6 Clasificación de los suelos.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
Conclusiones .....	70
Recomendaciones .....	72
REFERENCIAS .....	74
APÉNDICES .....	78

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	6
2.2 Clima. (Quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán). ....	8
2.3 Vegetación de bosque tropófilo .....	11
2.4 Geomorfología de la zona .....	11
2.5 Suelos en la quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán. ....	14
2.6 Mapa Geológico local (Paul C. Hackley y 2006). ....	17
2.7 Imagen satelital del área de estudio. ....	17
2.8 Orogenesis Pre – Transamazonica o Aroensis (Mendoza Vicente, 2012). ....	18
2.9 El Complejo de Imataca en los alrededores de Cerro Bolívar.....	19
2.10 Mapa geológico del sector central de la hoja NB-20-2 (CVG Tecmin, 1991) ...	21
3.1 Juego de tamices usados para la clasificación del suelo. ....	26
3.2 Diferentes curvas granulométricas de los suelo (Bosch, M. 2017). ....	28
3.3 Diaclasas en los afloramientos de la quebrada Cardozo .....	29
3.4 Roseta de Diagrama de rosas (Griem, W. 2019). ....	32
3.5 Afloramientos de la zona de estudio. ....	32
3.6 Medición de rumbo y buzamiento (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).....	34
3.7 Foliaciones presentes en los afloramientos del área de estudio.....	36
4.1 Flujograma de actividades.....	41
4.2 Identificación de afloramientos rocosos en la zona de estudio. ....	43
4.3 Muestras de roca recolectadas de los afloramientos. ....	45
4.4 Medición de rumbo en la zona de estudio.....	45

4.5 Calicata N°1 y sus diferentes estratos.....	46
4.6 Muestras extraídas de las distintas calicatas.....	47
4.7 Recorrido de la zona en estudio.....	49
4.8 Muestras húmedas y secado de muestras.....	51
4.9 Tamizado manual.....	51
4.10 Pesaje de cada tamiz más muestra.....	52
5.1 Topografía del área de estudio.....	53
5.2 Suelos residuales del área de estudio.....	54
5.3 Afloramiento de la Formación Mesa.....	55
5.4 Vegetación del área de estudio.....	55
5.5 Afloramientos rocosos en bloques dispersos y diaclasados.....	56
5.6 Parte de la zona que abarcan los afloramientos.....	57
5.7 Muestras estudiadas de los afloramientos del sector de quebrada Cardozo.....	59
5.8 Diagrama de Rosas – Diaclasas.....	61
5.9 Diagrama de Rosas – Foliaciones.....	62
5.10 Mapa Geológico de la quebrada Cardozo, sector Canaan.....	64
5.11 Formación Mesa en contacto con rocas del Complejo Imataca meteorizadas. ...	65
5.12 Calicatas.....	66
5.13 Columna sedimentológica de la calicata C1.....	67
5.14 Columna sedimentológica de la calicata C2.....	67
5.15 Columna sedimentológica de la calicata C3.....	67

## LISTA DE TABLAS

3.1 USCS (Unified Soil Classification System) (Hunt, R. 1986).....	25
3.2 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth (Pettijohn, 1949). 27	
4.1 Identificación de los tipos de muestras recolectadas. ....	48
5.1 Clasificación macroscópica de las rocas de los afloramientos.....	58
5.2 Estaciones con los datos de mediciones de rumbos de las diaclasas .....	60
5.3 Datos de rumbo y azimut de las diaclasas y la zona de falla.....	61
5.4 Rumbos y azimut de las foliaciones.....	62
5.5 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelos .....	66
5.6. Parámetros para el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUSC).....	68

## **LISTA DE APÉNDICES**

### **A. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS**

A.1. Análisis granulométrico de la calicata 1, muestra 1, estación 11. ....	80
A.2. Análisis granulométrico de la calicata 1, muestra 2, estación 11. ....	80
A.3. Análisis granulométrico de la calicata 2, muestra 1, estación 12 .....	81
A.4. Análisis granulométrico de la calicata 3, muestra 1, estación 13 .....	81
A.5. Análisis granulométrico de la calicata 3, muestra 2, estación 13 .....	82

### **B. CURVAS GRANULOMÉTRICAS**

B.1. Curva de distribución granulométrica de la calicata 1, muestra 1, estación 11 ...	84
B.2. Curva de distribución granulométrica de la calicata 1, muestra 2, estación 11 ...	84
B.3. Curva de distribución granulométrica de la calicata 2, muestra 1, estación 12 ...	85
B.4. Curva de distribución granulométrica de la calicata 3, muestra 1, estación 13 ...	85
B.5. Curva de distribución granulométrica de la calicata 3, muestra 2, estación 13 ...	86

## INTRODUCCIÓN

El Escudo de Guayana está conformado por una de las formaciones geológicas más antiguas del mundo, donde se encuentra la Provincia de Imataca, además es considerada una provincia fisiográfica que constituye un gran porcentaje de la superficie territorial total de Venezuela (45%), la región está constituida por las rocas más antiguas en la geocronología del territorio venezolano. En este territorio, existen muchas zonas de interés geológico que no han sido exploradas totalmente o de las cuales hay poca documentación, es por esto que, en la zona del municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela, específicamente al oeste de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, no existen estudios geológicos a nivel de detalle, sino de ámbito regional de allí la importancia de conocer mejor geológicamente esta zona.

El sector del balneario Canaán posee una extensión territorial de 10 hectáreas. Geológicamente, forma parte de la Provincia de Imataca, en la Faja de Ciudad Bolívar (Ascanio, 1975), se caracteriza por la presencia de gneis, anfíbolitas piroxénicas, cuarcitas ferruginosas, intrusionando por rocas graníticas y diques basálticos.

El presente trabajo de grado se encuentra dividido en cinco capítulos:

El capítulo I, donde se plantea el problema a investigar, los objetivos de la investigación, justificación de la investigación y el alcance de la misma. Un capítulo II, que señala la ubicación geográfica del área de estudio, el acceso al área, las características geológicas y características físicas y naturales. Avanzando al capítulo III, en el cual se desarrolla la base teórica relacionada al tema de investigación. Seguidamente un capítulo IV, donde se detalla el tipo y diseño de la investigación, así



como también la metodología de trabajo empleada para llevar a cabo los objetivos. Y finaliza con un capítulo V, donde se analizan e interpretan los resultados.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La zona propuesta para este trabajo de grado son los afloramientos al oeste de la quebrada Cardozo, ubicada en el sector del balneario Canaán, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. En vista que de esa zona la información geológica existente es a nivel regional se planteó estudiarla y aportar nuevos datos. Para ello se realizó la inspección del área para determinar las unidades estratigráficas presentes, la descripción litológica de los afloramientos y la identificación de las estructuras geológicas asociadas; así como la descripción de los sedimentos observados.

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

#### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar la caracterización litológica y estructural de los afloramientos al oeste de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

#### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Describir las características físico – naturales del área de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, mediante la inspección directa en campo.

2. Describir los afloramientos del área de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, a partir de los datos de campo.

3. Clasificar de acuerdo a la mineralogía las rocas pertenecientes a los afloramientos del área de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, mediante análisis macroscópico.

4. Identificar las principales estructuras y sus patrones usando datos de campo y diagrama de rosas.

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

6. Clasificar los suelos presentes en el área de la quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00 con información obtenida mediante calicatas.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Con la realización de esta investigación se logró identificar las estructuras y patrones geológicos que presenta el área de estudio, también las texturas y composición mineralógicas de las rocas que se encuentra en la superficie del campo y las partículas observadas en el perfil de la Formación Mesa ubicada al oeste de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, para así poder describir a mayor detalle las características geológicas que presentan los afloramientos de dicha zona.

Mediante el estudio que se realizó en esta zona, fue posible incrementar y expandir la información geológica, con el propósito de fortalecer las investigaciones

regionales ya hechas por diferentes autores y con los aportes de datos de otros trabajos.

#### **1.4 Alcances de la investigación**

En esta investigación se clasificaron macroscópicamente las rocas pertenecientes a los afloramientos, el análisis de diagrama de rosas de las estructuras geológicas, y la elaboración de un mapa geológico de superficie con las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras observadas en campo.

#### **1.5 Limitaciones de la investigación**

1. El aspecto más resaltante que limitó el desarrollo de este trabajo de investigación fué la dificultad para el ingreso a la zona de estudio ya que es una zona accidentada y boscosa.

2. Obtener vehículo de transporte hacia la zona de estudio, debido a la problemática para el suministro de combustible (gasolina).

3. Por otra parte, la falta de información geológica a nivel de detalle referente a la zona estudiada.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el municipio bolivariano Angostura del Orinoco, estado Bolívar, específicamente a unos 14,8 kilómetros al sur de Ciudad Bolívar y 65,8 kilómetros de Ciudad Piar; y se encuentra a 91 metros sobre el nivel del mar (Figura 2.1).

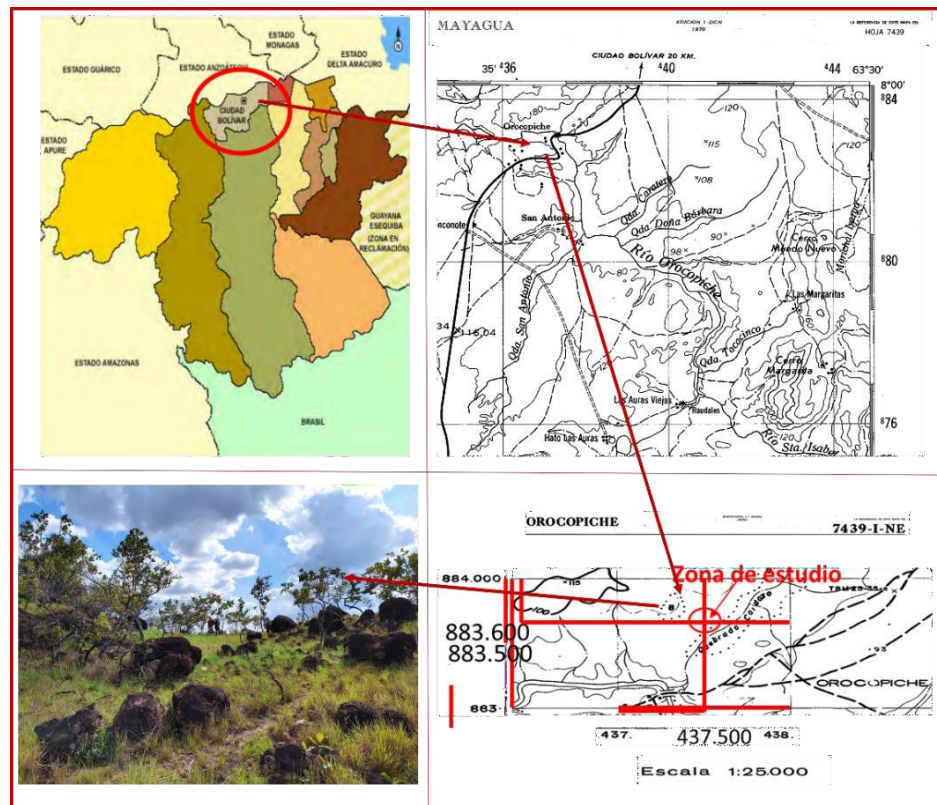


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Quebrada Cardozo, sector del Complejo Turístico Canaán.

## **2.2 Acceso al área de estudio**

El área de estudio es accesible por vía terrestre, a través de la carretera 16 (Ciudad Bolívar – Ciudad Piar); mediante la entrada al centro turístico Canaán, la cual queda a 9,5 kilómetros del distribuidor La Paragua de Ciudad Bolívar. Una vez dentro del centro turístico Canaán, se toman caminos a pie, cruzando morichales, aproximadamente 500 metros hasta llegar a los afloramientos rocosos estudiados.

## **2.3 Características físico-naturales del área de estudio**

El área de estudio, forma parte del municipio bolivariano Angostura del Orinoco, estado Bolívar según la división político territorial de la República Bolivariana de Venezuela, cuya capital es Ciudad Bolívar. Razón por la cual las características físico-naturales de esta población se extrapolarán al área de estudio.

### **2.3.1 Clima**

En general, la región de Guayana es variada, dependiendo de la altura, se encuentra una diversidad de climas, desde tórrido en las márgenes del Orinoco, pasando por un clima muy benigno en La Gran Sabana, hasta el clima fresco de las cumbres de los tepuyes y de las serranías de la región. (Escamilla, F. 1999).

Básicamente, en la zona se presentan dos períodos o estaciones climáticas importantes, como son: un período de sequía, comprendido entre los meses de enero y abril y, un período lluvioso, presente entre los meses de mayo hasta diciembre (Figura 2.2). Las fluctuaciones climáticas en la zona, se deben en gran parte a la ubicación geográfica del estado Bolívar, correspondiente a la zona intertropical del hemisferio Norte; caracterizada principalmente, por la presencia de éstas dos temporadas mencionadas anteriormente (CVG. EDELCA, 2.004).



Figura 2.2. Clima. (Quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán).

### **2.3.1.1 Temperatura**

La temperatura media anual es de 26,5° con variaciones importantes de acuerdo con los pisos altitudinales existentes, la temperatura presenta una distribución bimodal con dos periodos máximos (marzo-mayo y septiembre-octubre) dos mínimos (junio-agosto y diciembre-febrero) (CVG. EDELCA, 2.004).

### **2.3.1.2 Precipitación**

La probabilidad de días mojados en Ciudad Bolívar varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 4,9 meses, de 14 de mayo a 10 de octubre, con una probabilidad de más del 35 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Ciudad Bolívar es julio, con un promedio de 19,5 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 7,1 meses, del 10 de octubre al 14 de mayo. El mes con menos días mojados en Ciudad Bolívar es marzo, con un promedio de 2,1 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Ciudad Bolívar es julio, con un promedio de 19,5 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 64 % el 28 de junio. (Weather Spark, 2012).

### **2.3.1.3 Vientos**

La velocidad promedio del viento por hora en Ciudad Bolívar tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 5,4 meses, del 12 de diciembre al 24 de mayo, con velocidades promedio del viento de más de 15,8 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Ciudad Bolívar es marzo, con vientos a una velocidad promedio de 20,2 kilómetros por hora.



El tiempo más calmado del año dura 6,6 meses, del 24 de mayo al 12 de diciembre. El mes más calmado del año en Ciudad Bolívar es septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 11,3 kilómetros por hora.

Estas velocidades son consecuencias de la zona de convergencia Intertropical, que se caracteriza por la existencia de movimientos ascendentes de aire o de convección y que determina un tiempo y periodos de calma frecuentes. La variación anual del viento está en función de la distribución y actividad de los centros de alta y baja presión, ubicados tanto sobre el continente americano como sobre el océano Atlántico (CVG. EDELCA, 2.004).

### **2.3.2 Vegetación**

Presencia de bosque tropófilo medio semi-deciduo, medianamente denso, con dos estratos arbóreos de altura variable (entre 15 y 20 metros), alternado con sabanas arbustivas y chaparrales, además presenta comunidades herbáceas gramíneas densas a ralas, entremezcladas con arbustos de 2 y 4 metros de alto y con densidad variable. La zona de vida es de bosque muy seco tropical (bms- T) (Figura 2.3).

La vegetación es un tanto variable, en algunas circunstancias es herbácea, mientras que en otras es arbórea o representada por bosques medios o bajos en altura y medios o ralos en densidad (CVG Tecmin, 1991).



Figura 2.3 Vegetación de bosque tropófilo. (Quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán).

### 2.3.3 Geomorfología

Geomorfológicamente, la unidad 110001 está representada hacia el norte de la hoja por un paisaje de peníplanicie baja suavemente ondulada y hacia el sur por un paisaje de lomeríos de alturas y pendiente variables, cuyo patrón de radar muestra relieve positivo, tonalidad gris medio a oscuro, poco fracturada con drenaje dendrítico que varía de poco denso a denso (Figura 2.4) (CVG Tecmin, 1991).



Figura 2.4 Geomorfología de la zona. (Quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán).

#### **2.3.4 Hidrografía**

La hidrografía de la zona de estudio se encuentra en la Cuenca media del río Orocopiche y entre los afluentes se ubican hacia el NE del área de estudio la quebrada Cardozo y la quebrada la mina que tienen una dirección SW-NE.

#### **2.3.5 Relieve**

Suavemente inclinado con un recubrimiento de penillanuras en asociación con elevaciones aisladas; la pendiente es ligeramente variable entre 3 y 8% como rango dominante. Ciudad Bolívar se emplaza sobre una meseta con entalles fluviales profundos, vertientes del relieve que pueden llegar a 20% de pendiente.

##### **2.3.5.1 Montaña**

Es un tipo de paisaje de bajas alturas en comparación con las montañas del resto del país, por ejemplo, las andinas. Esto significa que en Escudo Guayanés las montañas existentes son siempre bajas, en cuanto a la altitud, pero altas en función de la altura relativa relacionada con las unidades circunvecinas.

Topográficamente está constituido por relieves accidentados, con crestas generalmente bien definidas, y está limitado por vertientes más o menos pronunciadas (pendientes entre 30% y 60%), dependiendo de la profundidad de los entalles.

##### **2.3.5.2 Lomerío**

Representa un paisaje de disección en el cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, con pendientes que oscilan

entre 8% y 60%, intermedio entre paisajes más conservados, como las montañas y las altiplanicies. Se caracteriza por estar constituido por lomas, las cuales presentan una cierta orientación siguiendo los “trends” estructurales que dominan el área o el diaclasamiento que afecta a algunas rocas.

Estas formas se han modelado sobre diferentes clases de rocas, incluyendo ígneo-metamórficas y meta-sedimentarias, entre las cuales se destacan: granitos, gneises, cuarcitas ferruginosas, gabros, metagabros y diabasa.

### **2.3.5.3 Peniplanicie**

Conforma una extensión casi plana por rebajamiento del nivel original; sin embargo, aunque la peneplanación generalizada es el elemento que se destaca, presenta todavía desniveles en los relieves de colinas y vegas alternas, que le dan en algunos casos aspecto multiconvexo, con pendientes suavemente onduladas a onduladas (4% - 8% y 8% - 16%, respectivamente) (CVG Tecmin, 1991).

### **2.3.6 Suelos**

Según González de Juana (1980), las formaciones geológicas dominantes son los complejos Imataca y El Cedral y datan del Pre-cámbrico (arqueozoico), ambos están conformados por facies de los minerales granulita y anfibolita, lo que genera un suelo de textura franco-arenoso, frecuentemente pedregosos con subsuelo de arcilla arenosa, y con buena a moderada percolación (Figura 2.5).



Figura 2.5 Suelos en la quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán.

## 2.4 Geología regional

Se ha dividido en dos unidades, 110001 y 110002 de las cuales la última se diferencia por la abundancia de cuarcitas ferruginosas.

### 2.4.1 Unidad 110001

La unidad comprende rocas del complejo de Imataca. Este complejo consiste de una faja con rumbo este – noreste de gneises félsicos y máficos, intercalados con estratos de formaciones de hierro. Granitos anfibólicos y biotíticos, granulitas ácidas y básicas, y diques pegmatíticos. Dougan (1972), considera que las granulitas félsicas de Imataca representan rocas ígneas calcoalcalinas.

Hacia el noreste de la hoja NB-20-2, la unidad se encuentra cubierta por sedimentos de la Formación Mesa y un poco más al sur en contacto estructural con el Grupo Real Corona y con los granitos alcalinos de Guanacipana, al noroeste de la falla Ciudad Piar – Guri se halla en contacto intrusivo con el granito de la Ceiba y hacia el sureste con el Complejo de Supamo.

Hacia la parte central de la hoja se encuentran abundantes diques de diabasa en dirección N20°W, en un área aproximada de unos 90 km.

A 1.5 km antes del río Guaimire en la autopista Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz se observan sedimentos de la Formación Mesa sobre el Complejo de Imataca.

Aproximadamente a 10 km al suroeste del cerro El Trueno se encuentran diques de diabasa de unos 4m de ancho, intrusionando gneises y protomilonitas de granito.

Al sureste de Ciudad Bolívar, en las proximidades de las quebradas de Manacal y Buena Vista, se observaron cortes de carretera con afloramientos de rocas graníticas y granulíticas de colores rosado y verde respectivamente, de grano medio, equigranulares y masivas.

Al norte de los cerros de Guanacipana se encuentran predominantemente rocas gneisicas, cuarzo feldespáticas, anfibólicas, con foliación muy clara; bandas graníticas, de grano fino a medio, de color gris claro y granitos alcalinos bandeados.

Kalliokoski (1972), encontró en la zona norte del río Claro, gneises cuarzo microclino biotíticos, de grano fino a grueso, de color rosado a gris, con bandas ricas en feldespato potásico. A unos 10km al sur, en el anticlinal de río Tocomá, que se describe más adelante, se encuentran gneises migmatíticos con tamaño de grano

variable, asociados con anfibolita piróxénica de grano fino a medio, con foliación pobre y de color gris oscuro.

Kalliokoski (op. Cit.), describe una zona problemática de gneises cuarzo feldespáticos en el área del río Carapo y Santa Barbara, al norte de Santa Barbara, hasta el área al sur de La Flor; también reporta una zona de gneis feldespático – granatífero – muscovítico – turmalinífero – cuarcífero, a unos 13km al sur de La Flor.

Short y Steenken (1960), describen un mármol dolomítico de color gris en la parte alta del cerro Hacha y al sur del río Claro entre el río Caroní y la carretera de Ciudad Piar.

Dougan (1972), presenta dos isogras cartografiadas en el Complejo Imataca. Una isograda de la moscovita separa los gneises migmatíticos y no migmatíticos, y una isograda del piroxeno que separa los gneises graníticos biotíticos, con laminación gnéisica y anfibolitas intercaladas sin piroxeno, de las granulitas félsicas y granulitas máficas piróxénica.

Estas rocas se hallan intensamente plegadas, metamorfizadas regionalmente a las facies de la anfibolita y granulita.

En estudio del paragneis de Imataca, Kalliokoski (1972) señalan una edad de 2900 m.a por el método Rb/Sr. Hurley et al (1972) determinaron edades 3200 y 2700 m.a por el método Rb-Sr (CVG Tecmin,1991).







## 2.5 Geología estructural

Ascanio (1975) postulo 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 varios corrimientos (Figura 2.8) (Mendoza, V. 2012).

Ascanio denominó estas fajas, como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Figura 2.9). Esto que ocurrió a escala local, también se produjo en gran escala regional y mundial como parte de la agregación o acreción convergente del supercontinente Kenorlandia, hacia 2.7-2.6 Ga (Mendoza, V. 2012).

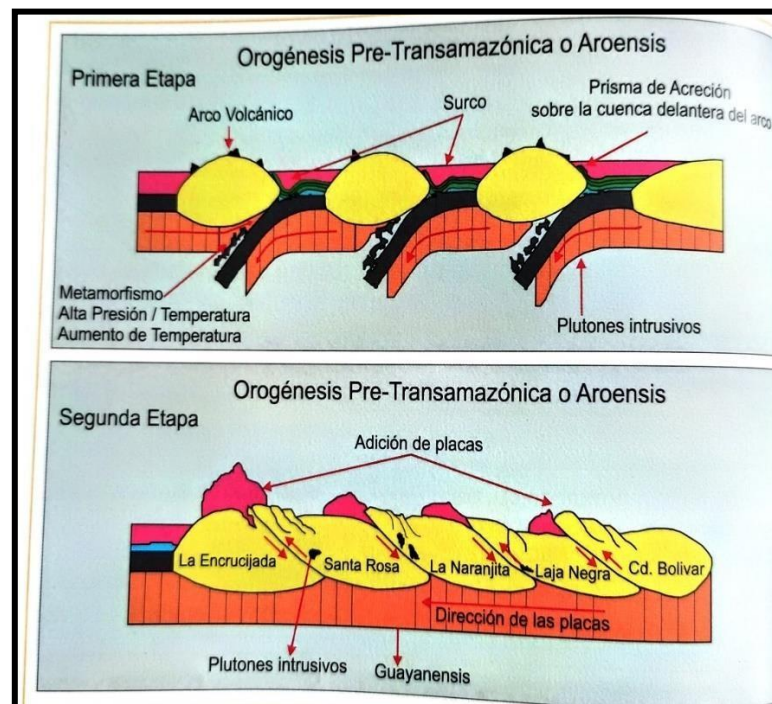


Figura 2.8. Orogénesis Pre – Transamazonica o Aroensis (Mendoza, V. 2012).



2. Falla del río Carapo: controla estructuralmente 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.

3. 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 (C.V.G TECMIN 1991).

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.

De acuerdo al informe de CVG Tecmin (1991), al Noreste del área de estudio se encuentra un pliegue anticlinal asociado a las rocas de la unidad 110001 del Complejo de Imataca, donde se encuentran gneises y migmatitas con filones de pegmatitas. En el sector suroeste se encuentran diaclasas verticales con varias direcciones, entre ellas E-W, N 80° W, S 80° E, N 80° E, N 45° E (Figura 2.10).

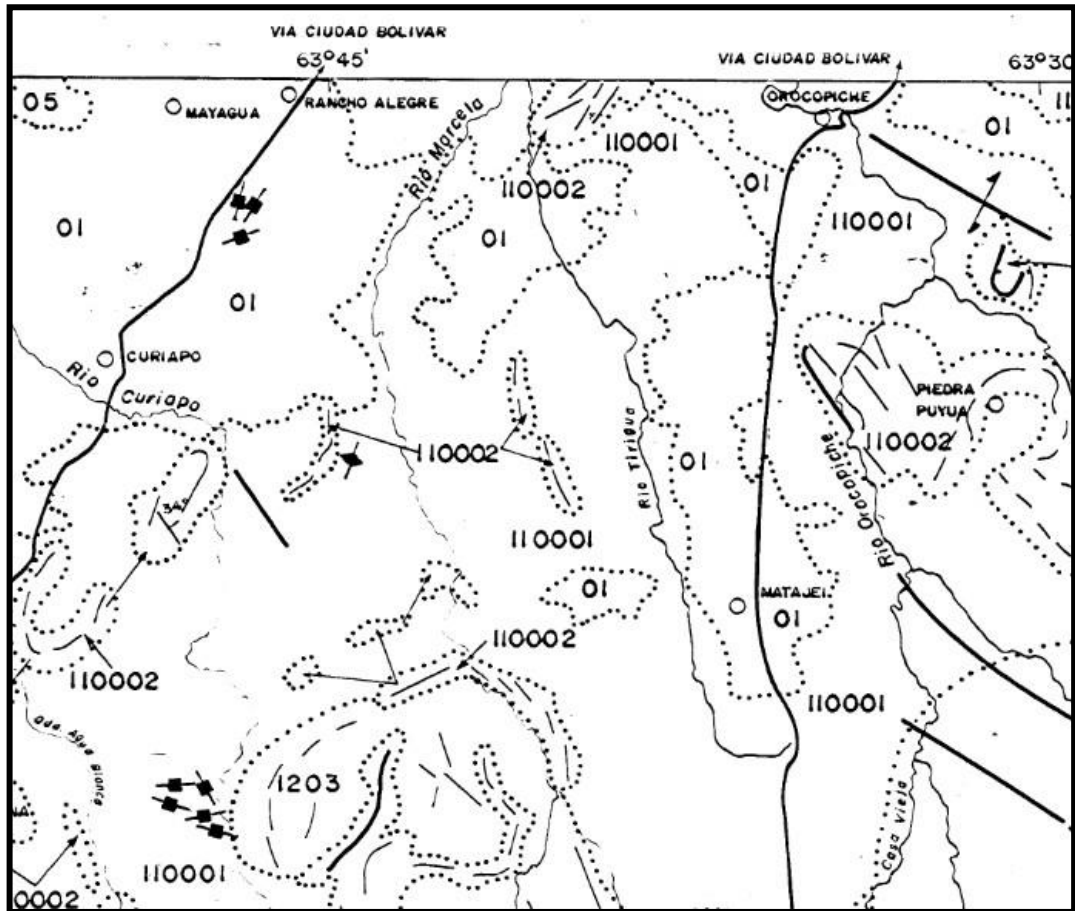


Figura 2.10 Mapa geológico del sector central de la hoja NB-20-2 (CVG Tecmin, 1991).

## **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 utilizó para recopilar información de mapas geológicos, geología, geomorfología, vegetación e información de diagramas de rosas.

Marcano Astrid y Marín Yemifer (2015). Presentaron un trabajo de grado, titulado: 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 peníplanicies 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 y sistemas de diaclasas tiene una orientación NW-NE. Este trabajo se utilizó como apoyo para la metodología.

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

Con el estudio del medio físico se determina la capacidad de éste para soportar los distintos usos del suelo, su vulnerabilidad y las condiciones de su protección, así como la manera de restringir, implantar y gestionar los susodichos usos.

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 (Vila, Pablo, 1960-1965).

### **3.3 Fundamentos teóricos**

#### **3.3.1 Clasificación de suelos**

Con el objeto de dividir los suelos en grupos de comportamiento semejante, con propiedades geotécnicas similares, surgen las denominadas clasificaciones de suelos. La clasificación de suelos consiste, pues, en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante (Duque - Escobar, G. 2002).

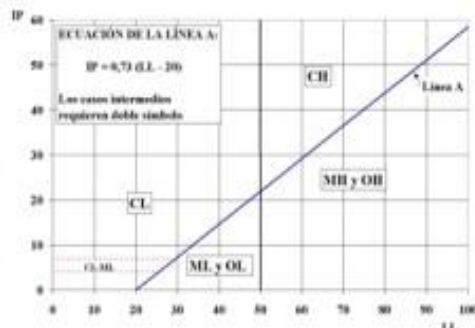
La correlación de ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico puesto a punto a través de muchos años de experiencia. La mayoría de las clasificaciones de suelos utilizan ensayos muy sencillos, para obtener las características del suelo necesarias para poderlo asignar a un determinado grupo. Las propiedades ingenieriles básicas que suelen emplear las distintas clasificaciones son la distribución granulométrica, los Límites de Atterberg, el contenido en materia orgánica, entre otros (Duque – Escobar, G. 2002).

Los dos sistemas principales de clasificación de suelos actualmente en uso son el sistema AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y el USCS (*Unified Soil Classification System*) (Tabla 3.1). El primero se usa principalmente para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para la construcción de explanadas de carreteras. (Duque - Escobar, G, 2002).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) fue propuesto inicialmente por Casagrande en 1942 y después revisado por el *Bureau of Reclamation* de Estados Unidos y por el Cuerpo de Ingenieros. Este sistema es el más extendido para la amplia variedad de problemas geotécnicos. (Duque - Escobar, G. 2002).

Tabla 3.1. USCS (Unified Soil Classification System) (Hunt, R. 1986)

DIVISIONES PRINCIPALES		DEL GRUPO	DENOMINACIÓN TÍPICA	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 80% es retenido en el tamiz n° 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido por el tamiz n° 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas y mezclas arena-grava bien graduadas, con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$ entre 1 y 3  Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para GW  Debajo de la línea A ó IP < 4 Por encima de la línea A ó IP > 7  Los casos intermedios requieren doble símbolo	
		GRAVAS MAL GRADUADAS	GP	Gravas y mezclas arena-grava mal graduadas, con pocos finos o sin finos		
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla		
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz n° 4	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas con grava bien graduadas, con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$ entre 1 y 3  Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para SW  Debajo de la línea A ó IP < 4 Por encima de la línea A ó IP > 7  Los casos intermedios requieren doble símbolo	
			ARENAS MAL GRADUADAS	SP		Arenas y arenas con grava mal graduadas, con pocos finos o sin finos
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo		
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
			LIMOS INORGÁNICOS, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	ML		Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas con grava, arenosas, o limosas
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido igual o menor que 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos con mica o diatomeas, limos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad			
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más para el tamiz n° 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media o elevada			
		PT	Turbas, fangos y otros suelos de alto contenido orgánico	Fácilmente identificables por presencia de raíces, hojas y materia vegetal fibrosa en descomposición, así como color marrón oscuro o negro, olor y tacto suave		





### 3.3.2 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 3.1).



Figura 3.1 Juego de tamices usados para la clasificación del suelo.

La tabla de clasificación según el tamaño de las partículas de Wentworth (Tabla 3.2) es la más comúnmente usada para el análisis de sedimentos (Pettijohn, F. 1949).

Tabla 3.2 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wentworth (Pettijohn, F. 1949).

	CLASTO	SEDIMENTO	mm	SEDIMENTITA o ROCA SEDIMENTARIA		
PSEFITA	Bloque	Aglomerado		Aglomerado (Conglomerado de bloques)		
	Gujon	Grava	256	Conglomerado o brecha		
	Guijarro		Gruesa		128	Grueso
	Gulja		Mediana		64	Mediano
Fina		32	Fino			
PSAMITA	Grano	Arena	16	Arenisca		
			8		Muy gruesa	
			4		Gruesa	
			2		Mediana	
			1		Fina	
			0.5		Muy fina	
PELITA	Particula	Limo	0.25	Limolita		
			0.125		Grueso	
			0.062		Mediano	
			0.031		Fino	
			0.016		Muy fino	
		Arcilla	0.008	Arcillita		
			0.004		Gruesa	
			0.002		Mediana	
			0.001		Fina	
			0.0005		Muy fina	

Los resultados de un análisis granulométrico se suelen representar en forma de curva acumulativa. En el eje de las abscisas, en escala logarítmica generalmente, el

diámetro de la partícula en mm, y en el eje de ordenadas el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz.

En función de los tamaños de las partículas de un suelo, se pueden obtener distintas curvas granulométricas que indican si un suelo está bien o mal gradado (Figura 3.2).

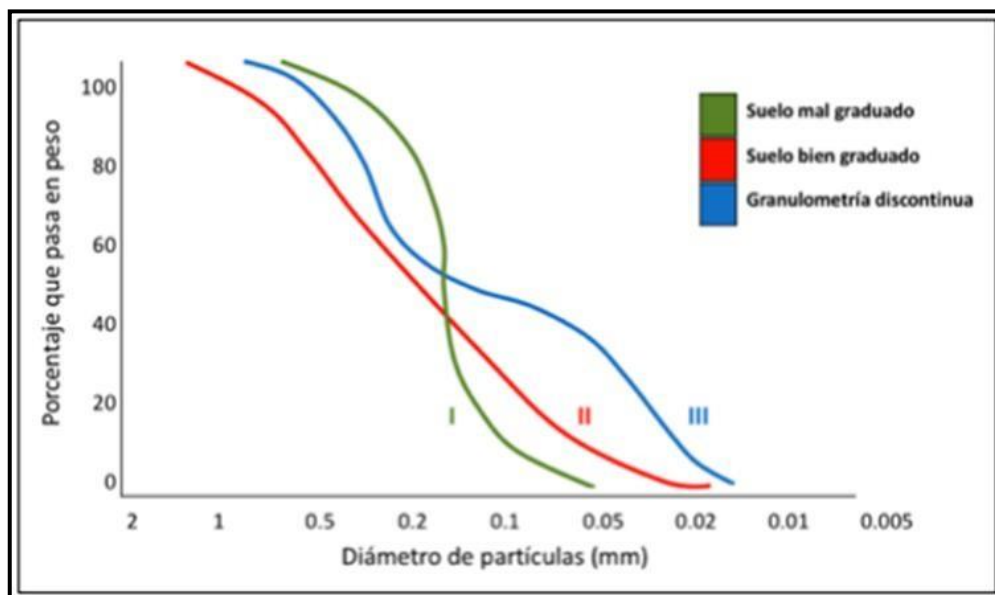


Figura 3.2. Diferentes curvas granulométricas de los suelo (Bosch, M. 2017).

### 3.3.4 Diaclasas

Soriano, G. (2013) cita que las diaclasas son fracturas, discontinuidades, en las que, a diferencia de las fallas, no ha habido un desplazamiento significativo entre los dos bloques.

Se reconocen en cualquier tipo de roca (ígneas, metamórficas o sedimentarias) y suponen una evidencia clara de la rotura frágil del macizo rocoso en alguna etapa de su historia deformacional. Dependiendo de las rocas en que se produzcan, las

diaclasas tienen una orientación general determinada (Figura 3.3). Por ejemplo, en las rocas sedimentarias, las diaclasas son, por lo general, perpendiculares a la superficie de estratificación, mientras que en las rocas ígneas pueden tener cualquier orientación. Así en rocas sedimentarias se puede decir que su mayor dimensión es siempre horizontal, mientras que, en rocas ígneas, por lo general no tienen una dimensión preferente.

Las diaclasas se propagan durante un proceso de fractura continuo o mediante una serie de rupturas sucesivas. A menudo se reconocen en familias con espaciados regulares que pueden ser reconocidos en áreas con poca deformación, aunque en otras ocasiones, pueden tener un espaciado irregular. En rocas sedimentarias bien estratificadas, las diaclasas suelen tener un patrón bien definido, compuesto por diaclasas sistemáticas tempranas y diaclasas cruzadas.



Figura 3.3 Diaclasas en los afloramientos de la quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán.

La caracterización del diaclasado de un macizo se realiza a partir de las siguientes medidas:

- a) Orientación de la diaclasa (es decir, dirección, buzamiento y sentido del mismo).
- b) Espaciado entre las diaclasas sucesivas de la misma orientación.
- c) Apertura, es decir, distancia media entre las paredes de la junta.
- d) Persistencia y penetratividad: continuidad de las juntas o longitud de sus trazas.
- e) Rugosidad superficial, propiedad que condiciona su comportamiento friccional.
- f) Presencia o ausencia de relleno, y características del mismo.

Según Ramsay, J. (1987) entre los tipos de diaclasas más comunes tenemos:

#### **3.3.4.1 Diaclasa vertical**

Se forman cuando las rocas ígneas se enfrían y se desarrollan fracturas de retracción que producen columnas alargadas en forma de pilares. También recordemos que el alejamiento produce un modelo de diaclasas suavemente curvadas que se desarrollan más o menos en paralelo a la superficie de los grandes cuerpos ígneos, como los batolitos. En estos casos, la formación de diaclasas es consecuencia de la expansión gradual que se produce cuando la erosión elimina la carga suprayacente. En rocas sedimentarias las diaclasas se forman debido a presiones de sobrecargas cuando estratos suprayacentes tienden a fracturar la roca.

### **3.3.4.2 Diaclasas paralelas**

Las diaclasas tienen distintas direcciones y buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos. En el caso más común cuando existen dos o más familias de diaclasas que se intersecan formando ángulos más o menos constantes entre 30 y 60 grados, se denominan sistema de diaclasas.

### **3.3.4.3 Diaclasas ortogonales**

Las diaclasas tienen iguales dirección de buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos en el caso más común cuando hay un conjunto de familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de roca y se interceptan formando ángulos más o menos constante y geométrico semejantes a 90 grados.

### **3.3.5 Diagrama de Rosas**

Un diagrama de rosas es un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, sills) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manteo o la dirección de inclinación (Ramsay, J. 1987). En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda (Figura 3.4).



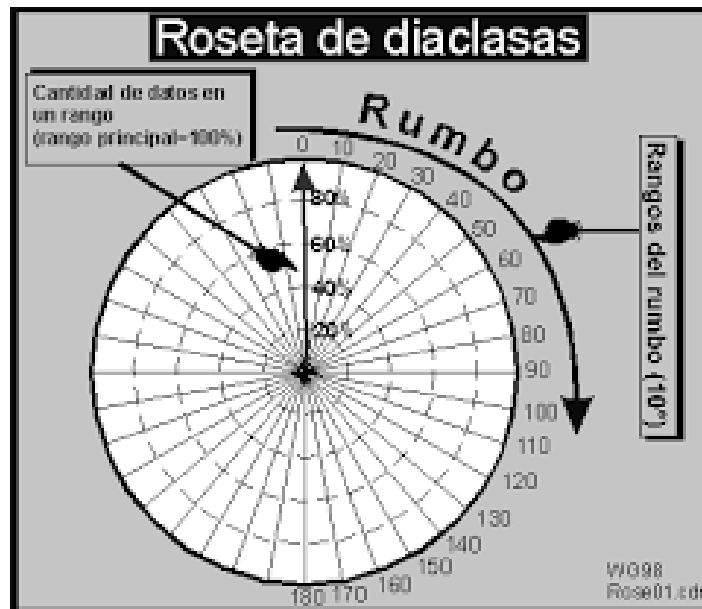


Figura 3.4. Roseta de Diagrama de rosas (Griem, W. 2019).

### 3.3.6 Afloramiento

Un afloramiento o afloramiento rocoso es una exposición visible de lecho de roca o depósitos superficiales antiguos en la superficie de la Tierra (Figura 3.5). (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).



Figura 3.5 Afloramientos de la zona de estudio.

### **3.3.6.1 Características de un afloramiento**

Estas estructuras pueden estar conformadas de rocas sedimentarias, rocas metamórficas, o rocas ígneas. Y pueden crear diferentes relieves como iceberg, acantilados, barrancos, mesas geomorfológicas, entre muchas más formaciones. Es importante aclarar que una formación rocosa, geomorfológicamente hablando, es toda aquella formación que represente la creación en relación a un paisaje, o una zona con características peculiares.

Los afloramientos no cubren la mayor parte de la superficie terrestre porque en la mayoría de los lugares el lecho de roca o los depósitos superficiales están cubiertos por un manto de tierra y vegetación y no se pueden ver ni examinar de cerca. Sin embargo, en lugares donde la cubierta suprayacente se elimina por erosión o levantamiento tectónico, la roca puede quedar expuesta o brotar. Dicha exposición ocurrirá con mayor frecuencia en áreas donde la erosión es rápida y excede la tasa de meteorización, como en laderas empinadas, crestas y cimas de montañas, riberas de ríos y áreas tectónicamente activas.

El lecho de roca y los depósitos superficiales también pueden quedar expuestos en la superficie de la Tierra debido a excavaciones humanas como la extracción de canteras y la construcción de rutas de transporte. (Osorio, 2020).

## **3.4 Definición de términos básicos**

### **3.4.1 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. La dirección, o



rumbo, se suele expresar como el valor de un ángulo en relación con el norte (Figura 3.6) (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).

### 3.4.2 Buzamiento

Es el ángulo de inclinación de un plano geológico, como por ejemplo una falla, medido desde un plano horizontal. El buzamiento incluye tanto el valor del ángulo de inclinación como la dirección hacia la cual la roca está inclinada. (Figura 3.6) (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).

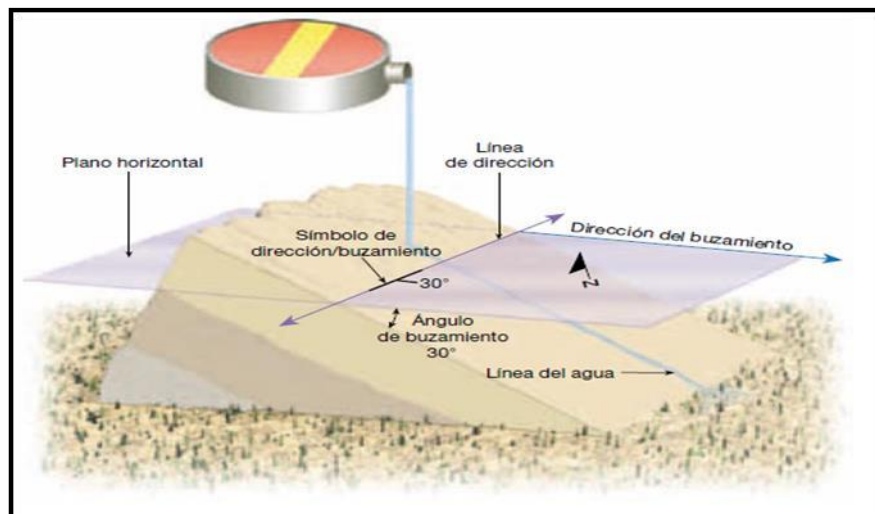


Figura 3.6 Medición de rumbo y buzamiento (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005)

### 3.4.3 Provincia geológica

Provincia geológica es toda parte cartografiada 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 (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, 2011).

#### **3.4.4 Mapa geológico**

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues y fallas), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, entre otros (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, 2011).

#### **3.4.5 Sills**

Es una masa tabular de roca ígnea, con frecuencia horizontal, que ha intrusionando lateralmente entre dos capas antiguas de roca sedimentaria, capas de lava volcánica o toba volcánica, o a favor de la foliación en rocas metamórficas (Mattauer, M. 1973).

#### **3.4.6 Foliación**

Tendencia de las rocas a escindirse a lo largo de superficies paralelas muy próximas (Figura 3.7). Estas superficies suelen estar oblicuas con respecto a los planos de estratificación de las rocas (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).



Figura 3.7 Foliaciones presentes en los afloramientos del área de estudio.

## **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. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos” .

Con base en lo anterior, esta investigación sería de tipo descriptiva, pues se enfoca en la caracterización de las muestras obtenidas directamente de la zona de estudio, para su posterior análisis e interpretación.

#### **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 es de campo, debido a que la recolección de datos se realizó directamente en el campo (área de estudio).

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Población de la investigación**

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. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”.

La población de nuestra investigación son los afloramientos al oeste de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, municipio Angostura del Orinoco.

#### **4.3.2 Muestra de la investigación**

Arias, F. (2012), establece que “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Para este estudio se recolectaron 5 muestras de rocas para un análisis macroscópico, las cuales se encuentran en los afloramientos al oeste de la quebrada Cardozo, y 5 muestras de sedimentos para análisis granulométrico de los suelos.

## **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” (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 es la observación directa (porque visualizamos y obtuvimos 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 fueron: Brújula, GPS, bolsas plásticas, pala, piqueta, mandarina, cinta métrica, libretas de campo, mapas cartográficos, cámara fotográfica, entre otros.

#### **4.5 Flujograma de 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 siguiente Figura 4.1:

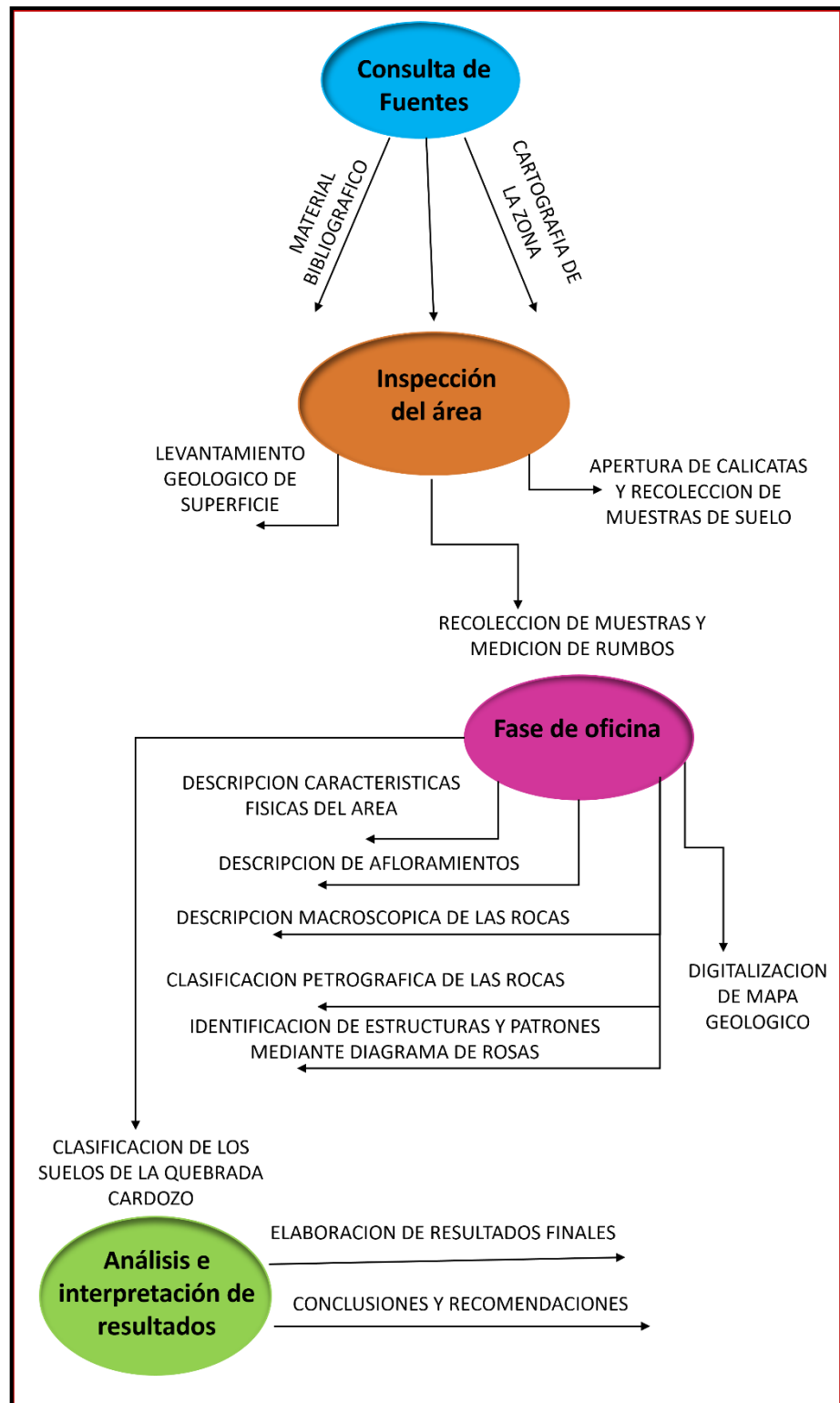


Figura 4.1. Flujo de actividades.



## **4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos**

### **4.6.1 Etapa I: Consulta de fuentes**

Es la etapa inicial donde se obtiene material bibliográfico, imágenes satelitales de la zona donde se encuentran los afloramientos para tener conocimiento de las dimensiones y el acceso terrestre a el área de estudio.

#### **4.6.1.1 Recopilación de material bibliográfico**

Se llevó a cabo buscando información relacionada al tema en textos, trabajos de grado impresos y en formato digital, referencias electrónicas (páginas web), y trabajos geológicos realizados en zonas cercanas al área de estudio que traten sobre la geología regional del área en cuestión.

#### **4.6.1.2 Recopilación cartográfica**

La información cartográfica es extraída de la Hoja Cartográfica “OROCOPICHE 7439-I-NE” escala 1:25.000 y de imágenes satelitales capturadas a través de *Google Earth* y *Google Maps*.

### **4.6.2 Etapa II: Inspección del área de estudio**

Esta es fundamental para el correcto logro de los objetivos, ya que se realizó la identificación de las unidades y estructuras geológicas presentes en los alrededores de la quebrada Cardozo, se recolectaron las muestras para sus respectivos análisis, también se tomaron los datos necesarios para la elaboración del mapa geológico mediante el levantamiento geológico de superficie.

Las labores de exploración consistieron en realizar un reconocimiento geológico general del área de estudio, además de tomar fotografías, identificar las condiciones del terreno; las características físicas y naturales del área.

Se identificaron las unidades geológicas presentes alrededor de la quebrada Cardozo, 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 (Figura 4.2).



Figura 4.2. Identificación de afloramientos rocosos en la zona de estudio.

#### **4.6.2.2 Levantamiento geológico de superficie**

El levantamiento geológico de superficie se realizó a través del uso del GPS map 60Cx marca Garmin, 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 suelo.

#### **4.6.2.3 Recolección de muestras de los afloramientos y medición de rumbo**

Una vez seleccionados los afloramientos a estudiar, proseguimos a la recolección de muestras de cada uno, mediante el uso de piqueta y martillo para la extracción de cada muestra para su estudio macroscópico.

Toma de muestras de rocas: inicialmente se ubicaron los puntos en donde se tomarían las muestras de rocas, estos puntos fueron seleccionados, considerando los cambios visibles macroscópicamente en la superficie rocosa del afloramiento, y las muestras se recolectaron del tope, medio y base del afloramiento y de la zona de cizalla.

En total se recolectaron 5 muestras de roca, tomando en consideración que estas deben estar lo más fresca posible para que los minerales que la componen se puedan apreciar mejor durante la fase de análisis. En la Figura 4.3 se pueden observar las muestras recolectadas en los distintos afloramientos encontrados.



Figura 4.3 Muestras de roca recolectadas de los afloramientos.

La medición de los rumbos se realizó en cada punto donde se tomaron muestras de rocas, y también se midieron los rumbos de los afloramientos y de la foliación de las rocas metamórficas (Figura 4.4).



Figura 4.4 Medición de rumbo en la zona de estudio.



#### 4.6.2.4 Recolección de muestras de suelos

Inicialmente se ubicaron los puntos en donde se tomarían las muestras de suelos, estos puntos no fueron ubicados al azar, sino que se tomó en consideración aquellos lugares en donde hubiese un cambio significativo de litología en los suelos, para ello se apreció si existía cambios en la vegetación, color de los suelos y cambio de humedad.

Posteriormente, se hizo la apertura de 3 calicatas dentro de los límites de la quebrada Cardozo y a sus alrededores, las cuales contaron con dimensiones de 1m x 1m x 1m (Figura 4.5).

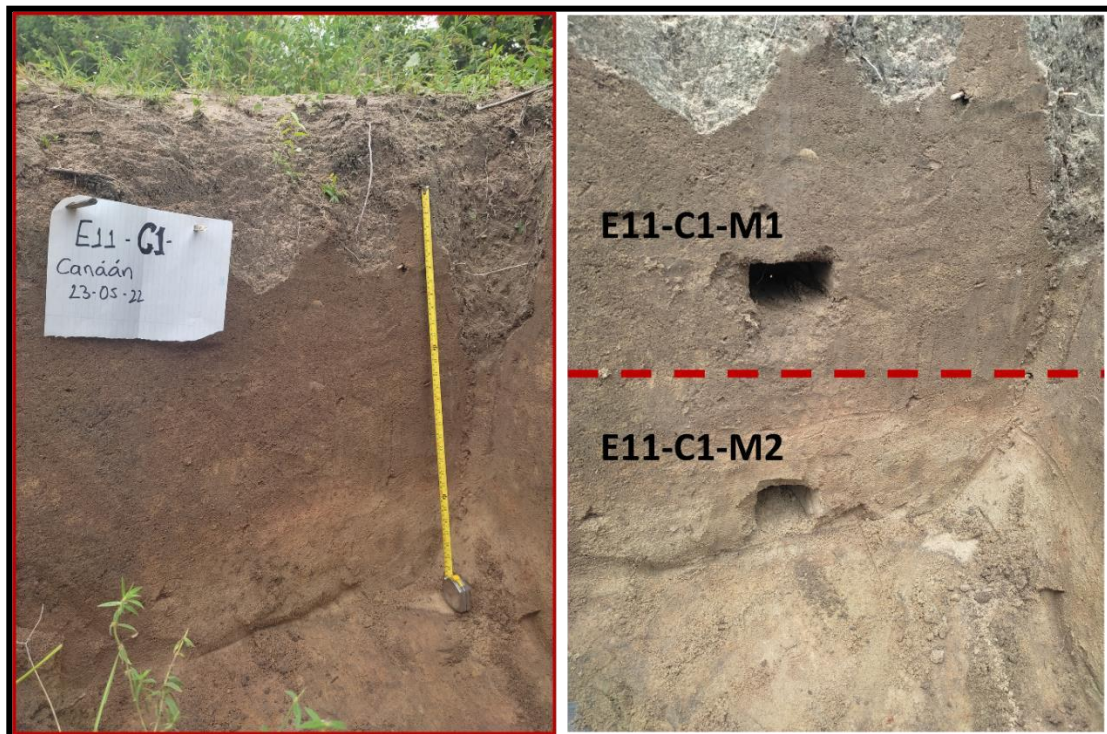


Figura 4.5 Calicata N°1 y sus diferentes estratos.

Se tomaron un total de cinco (5) muestras pertenecientes a 3 calicatas excavadas en diferentes estaciones. En la figura 4.6 se observan las muestras de suelo.

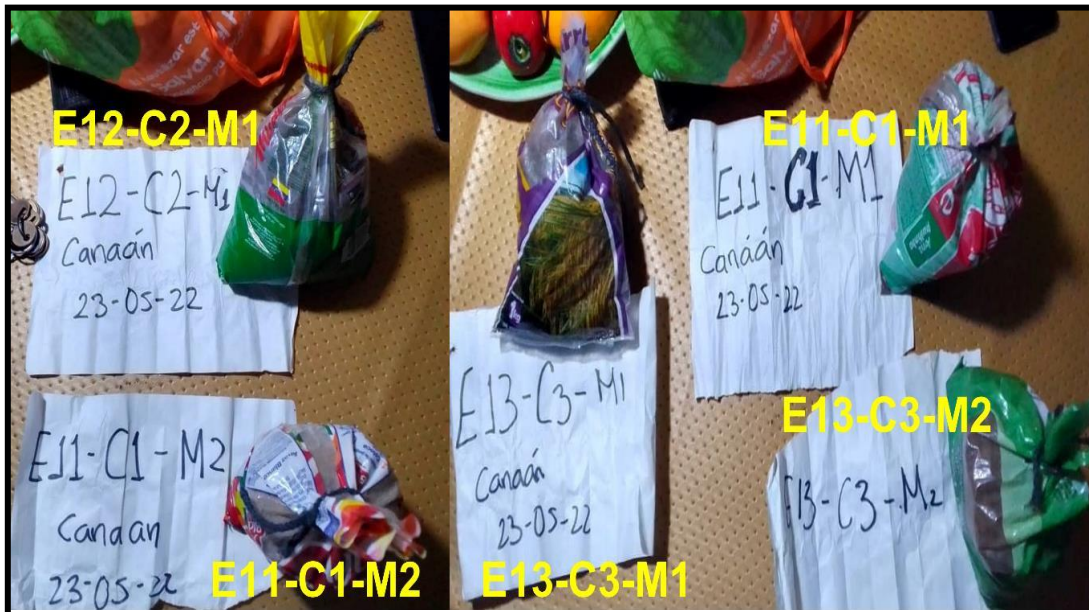


Figura 4.6 Muestras extraídas de las distintas calicatas.

#### 4.6.2.5 Identificación de las muestras de suelos y rocas

Una vez recolectadas las muestras fueron identificadas y se les asignaron dos tipos de nomenclatura que están basadas en los diferentes tipos de muestras que se recolectaron en campo (Suelos y Rocas) (Tabla 4.1). De acuerdo a esto, tenemos las siguientes nomenclaturas: Para las muestras de suelos recogidas se utilizó la nomenclatura EX/CX/MX siendo “E” la estación, “C” la calicata estudiada y “M” la muestra, considerando que las muestras están enumeradas desde el tope hacia la base de la calicata, de igual manera para las muestras de rocas se utilizó la nomenclatura EX-MX siendo “E” la estación donde se tomaron las muestras y coordenadas, “M” la muestra recogida de ese afloramiento.

Tabla 4.1. Identificación de los tipos de muestras recolectadas.

TIPO DE MUESTRA	ESTACION	LUGAR DE MUESTREO	ZONA DE ESTRATO / ALTURA	NOMBRE DE LA MUESTRA
SUJEO	11	1 - Calicata	Tope	E11-C1-M1
			Base	E11-C1-M2
	12	2 - Calicata	Medio	E12-C2-M1
	13	3 - Calicata	Tope	E13-C3-M1
			Base	E13-C3-M2
	AFLORAMIENTO	2	1 - Afloramiento	Tope
3		2 - Afloramiento	Tope	E3 - M2
4		3 - Afloramiento	Tope	E4 - M3
5		4 - Afloramiento	Tope	E5 - M4
			Medio	E5 - M5

#### 4.6.3 Etapa III: Fase de oficina

En esta fase procedemos a realizar cada uno de los ensayos correspondientes, elaboración de tablas comparativas y de clasificación de las muestras, el correcto ploteo digital del plano topográfico y plano geológico - estructural, y la organización de todos los datos obtenidos en campo.

##### 4.6.3.1 Descripción de las características físicas del área

Para describir las características físicas del área se observaron imágenes satelitales, se analizaron los datos obtenidos en el trabajo de campo y las fotografías.

##### 4.6.3.2 Descripción de los afloramientos de la quebrada Cardozo

Con los datos recolectados en el campo de los rumbos de las estructuras geológicas y las muestras de rocas se describieron los afloramientos presentes (Figura 4.7).





Figura 4.7 Recorrido de la zona en estudio.

#### **4.6.3.3 Clasificación mineralógica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del área de la quebrada Cardozo**

Para clasificar las muestras seleccionadas nos dirigimos al Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), donde llevamos los datos de la zona (coordenadas) y las muestras. Procedimos a georreferenciar mediante las coordenadas de nuestra zona en estudio, una vez obtenida la zona, nos dirigimos al libro de Tecmin, donde pudimos encontrar que tipo de rocas abundan en la misma, incluyendo sus litologías, seguidamente apoyados en lo observado, se dio nombre (tipo de roca), textura y tamaño del grano a cada una de las muestras.



#### **4.6.3.4 Identificación de estructuras y patrones mediante Diagrama de Rosas**

Para identificar las estructuras y los patrones presentes en la zona de estudio, se elaboraron diagramas de rosas utilizando los datos obtenidos en campo, como lo son los rumbos de las diaclasas, foliaciones y zona de cizallamiento.

Se realizó con la ayuda de un software especializado en diagrama de rosas (Rozeta 2.0), primeramente, se convirtieron los datos de rumbo a azimuth para poder ingresarlos a la data del software y así obtener el diagrama, para posteriormente, analizar.

#### **4.6.3.5 Elaboración del mapa geológico – estructural de la zona en estudio**

La elaboración del mapa geológico - estructural 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 Cardozo delimitando cada una de las zonas correspondientes.

#### **4.6.3.6 Clasificación granulométrica de los suelos de la quebrada Cardozo**

El análisis granulométrico por tamizado (vía seca) se realizó de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00. Este análisis consistió primeramente en pesar el suelo húmedo, es decir, en su estado natural y se tomó nota de este peso inicial para

posteriormente llevar la muestra al horno para ser secada (Figura 4.8) y seguidamente pesar la muestra seca, con esta diferencia de pesos se obtuvo la humedad del suelo.



Figura 4.8 Muestras húmedas y secado de muestras.

Cada muestra se agregó al juego de tamices seleccionados y se tamizó manualmente por un tiempo aproximado de 30 min (Figura 4.9).



Figura 4.9 Tamizado manual.

Al concluir este tiempo, se pesó cada tamiz con su muestra retenida (Figura 4.10) y se procedió a realizar los cálculos y gráficas pertinentes para así finalmente determinar el tipo de suelo presente basándonos en la tabla del sistema unificado de clasificación de los suelos (SUCS).

Los materiales utilizados para este ensayo fueron balanza, horno, 500gr de muestra fresca, tamices N.º: 16, 18, 35, 60, 120 y pan, bandejas, brocha y otros.



Figura 4.10 Pesaje de cada tamiz más muestra.

#### **4.6.4 Etapa IV: Análisis e interpretación**

En esta fase ya hemos alcanzado cada uno de los objetivos a lograr, se procedió a realizar las interpretaciones correspondientes de los resultados obtenidos a través de las fases anteriores, es importante la correcta interpretación de los datos geológicos en el siguiente capítulo del proyecto.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Identificar las características físico natural del área

En general, la topografía del área (Figura 5.1) es muy variada, distinguiéndose como rasgos principales morichales y las lomas convexas. La monotonía del paisaje se interrumpe a menudo por la presencia de los afloramientos en bloques dispersos.



Figura 5.1 Topografía del área de estudio.

En el área de estudio se encuentra un contraste entre los suelos residuales (Figura 5.2) y los afloramientos, este tipo de suelos presenta textura arenosa o arenosa arcillosa, están asociados a moderadas porciones de afloramientos rocosos.



Figura 5.2 Suelos residuales del área de estudio.

Por otro lado, se encontró que predominan los gneis cuarzo feldespáticos de grano grueso a medio, con colores de gris claro a gris oscuro. Se encontraron sills de cuarzo con espesor de 0.5 cm a 2 cm.

Además, se encuentra la Formación Mesa (Figura 5.3) que suprayace al Complejo Imataca conformado por suelos de horizonte gravosos de fragmentos subredondeados, arcillosos de color (amarillo, rojo, gris claro). Presentando contacto con roca meteorizada y sedimentos del Reciente a lo largo del morichal Cardozo conformado por arenas muy finas limo arcillosas grises.





Figura 5.3 Afloramiento de la Formación Mesa.

La vegetación predominante del área es gramínea y arbustiva en casi toda su extensión caracterizada por la dominancia de especies herbáceas como paja sabanera (*Andropogon selloanus*), bosques de baja densidad conformados por ejemplares como arbustos de chaparros de las especies Manteco (*Byrsominacraassifolia*) y Chaparro (*Curatella americana*) (Figura 5.4).



Figura 5.4 Vegetación del área de estudio.

## 5.2 Características de los afloramientos

Los afloramientos tienen una orientación NW-SE, se presentan muy diaclasados, en bloques con los mayores tamaños en las cotas superiores, que son de 86 msnm con dimensiones superiores a los 2 metros. En bloques esféricos muy meteorizados, hacia las laderas los bloques son de menor tamaño y dispersos, con cotas de 79 msnm. Las rocas presentes en estos afloramientos son Gneis foliados de grano media a grueso, de color gris claro a oscuro; que presentan zonas de cizallamiento al NW, donde se encuentran fragmentos de Cuarzo flotante, asociados a la zona de cizalla. Con vegetaciones arbustivas que crecen en las fracturas, rodeados de gramíneas (Figuras 5.5 y 5.6)



Figura 5.5 Afloramientos rocosos en bloques dispersos y diaclasados (A) y zona de cizalla con abundantes fragmentos de cuarzo flotante (B).

En forma general, solamente se midieron los rumbos de las diaclasas en las estaciones 2, 4 y 6, ubicadas al NW del área de estudio, sin embargo, se observa un alto fracturamiento de las rocas, evidenciado por la cantidad de bloques presentes en el área. Los afloramientos cubren un área en la zona de estudio de 2,4 kilómetros cuadrados (Figura 5.6).



Figura 5.6 Parte de la zona que abarcan los afloramientos.

### **5.3 Clasificación de las rocas de los afloramientos del área de la quebrada Cardozo, en el sector del balneario Canaán, de acuerdo a sus características macroscópicas.**

Según el análisis de las muestras de rocas se determinó que en la zona de estudio predominan Gneis granítico biotítico de grano medio, de colores blancos con bandas negras, con textura granoblástica a gnéisica, débilmente foliada, cuya roca protolito es la Monzonita, constituida mineralógicamente por Mica biotita 30%, Plagioclasa 40%, Cuarzo 15% , Hornblenda 8% y Feldespatos 7%; y se encuentran en menor proporción Granulita máfica, de grano medio de color negro grisáceo, de textura granoblástica, cuya roca protolito es la Diorita, constituida mineralógicamente por Plagioclasa 40%, Mica biotita 5%, Hornblenda 35% y Piroxenos 20%, y Gneis monzónico de grano medio, con textura granoblástica, y grado de metamorfismo muy bajo, cuya roca protolito es la Monzonita, constituida por los minerales Feldespatos 10%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 25%, Biotita 5% y Hornblenda 30% (Tabla 5.1 y Figura 5.7).



Tabla 5.1 Clasificación macroscópica de las rocas de los afloramientos, quebrada Cardozo sector Canaán.

ESTACIÓN	MUESTRA	NOMBRE DE LA ROCA	MINERALOGÍA	DESCRIPCIÓN
2	M1	Granulita máfica. Roca protolito: Diorita.	Plagioclasa 40% - Mica biotita 5% - Hornblenda 35% -Piroxenos 20%	Roca de grano medio, color negro grisáceo de textura granoblástica.
3	M2	Gneis granítico biotítico. Roca protolito: Monzonita.	Mica biotita 30% - Plagioclasa 40% - Cuarzo 15% - Hornblenda 8% - Feldespatos 7%	Roca de grano medio, textura granoblástica a gnésica, débilmente foliada.
4	M3	Gneis granítico biotítico. Roca protolito: Monzonita.	Hornblenda 30% - Mica biotita 20% - Plagioclasa 30% - Anfíbol 5% - Feldespatos 5% - Cuarzo 10%	Roca de grano medio, textura granoblástica.
5	M4	Gneis monzónico. Roca protolito: Monzonita.	Feldespatos 10% - Plagioclasa 30% - Cuarzo 25% - Biotita 5% - Hornblenda 30%	Roca de grano medio, textura granoblástica, grado de metamorfismo muy bajo.
5	M5	Gneis granítico biotítico. Roca protolito: Monzonita.	Mica biotita 30% - Plagioclasa 40% - Cuarzo 15% - Hornblenda 8% - Feldespatos 7%	Roca de grano medio, textura granoblástica a gnésica, débilmente foliada.

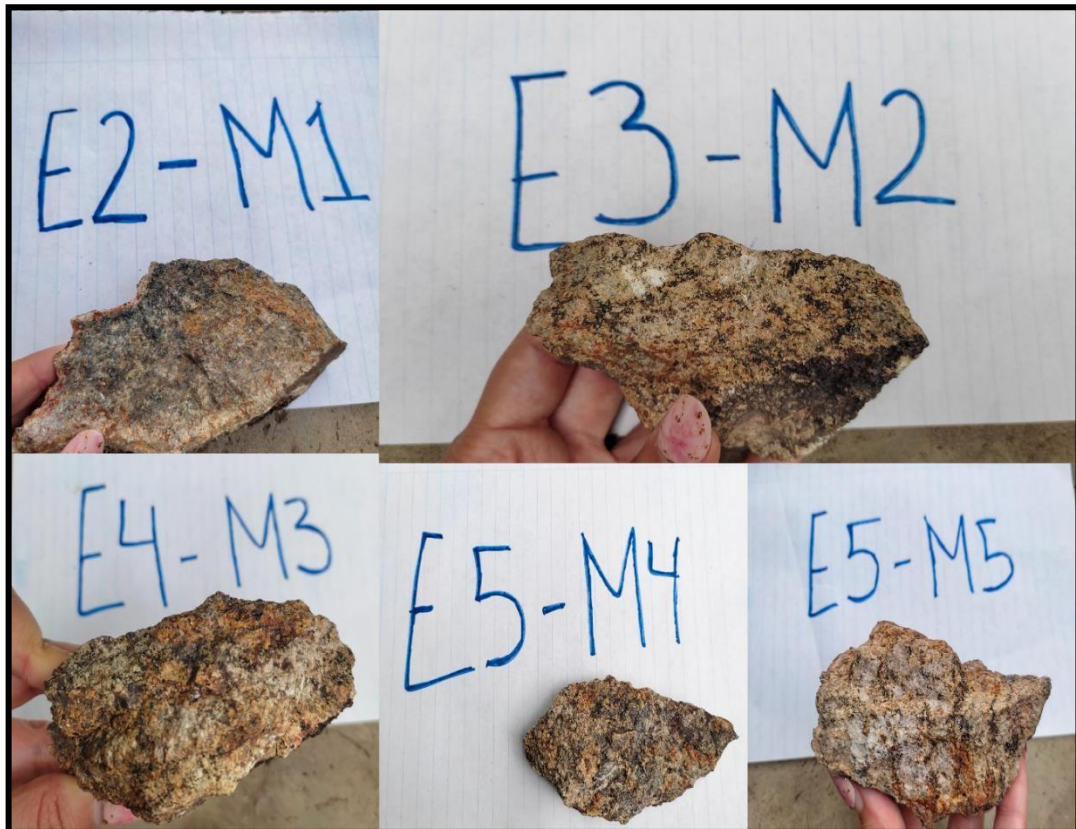


Figura 5.7 Muestras estudiadas de los afloramientos del sector de quebrada Cardozo.

#### 5.4 Clasificación de las estructuras geológicas y sus patrones usando datos de campo y diagrama de rosas

Los afloramientos del sector de la quebrada Cardozo presentan diaclasas ortogonales verticales con sistemas paralelos ortogonales y diaclasas conjugadas verticales, en algunos sectores se encuentran sills de cuarzo asociados a las fracturas (Tabla 5.2).

Las diaclasas ortogonales tienen azimut  $20^\circ$  y  $280^\circ$ , las diaclasas conjugadas tienen azimut  $300^\circ$  y  $335^\circ$ ; además existe otro patrón de fracturas oblicuas con un azimut de  $70^\circ$ . La zona de falla es paralela a la familia de diaclasas de azimut  $N45^\circ$ .

Tabla 5.2 Estaciones con los datos de mediciones de rumbos de las diaclasas, foliaciones, sills y zona de cizalla.

ESTACION	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES	DIACLASAS	MUESTRAS
1	437445	883629	Parte SE del afloramiento	NP	NP
2	437303	883757	Presenta diaclasas verticales, sills de cuarzo con espesor de 0.5-1cm. Presenta foliacion: Rb N10°W	Presenta 2: D1 = Rb N25°W / D2 = Rb N60°w	M1 = Gneis Mafico, color gris oscuro, grano medio a grueso
3	437310	883678	Presenta una foliacion: N63°E	NP	M2 = Gneis cuarzoeldespatico, color blanco
4	437367	883648	Presenta un fracturamiento paralelo asociado a una zona de falla con Rb N25°E, con una foliacion: N50°E	Presenta 2: D3 = N80°W / D4 = N20°E	M3 = Gneis cuarzoeldespatico, color blanco con gris oscuro, micaceo
5	437386	883656	Presenta foliacion: Rb N70°E	NP	M4 = Gneis cuarzoeldespatico granitico, color blanco y gris oscuro / M5 = Gneis felsico con banda mafica, color blanco y gris oscuro
6	437409	883645	NP	Presenta 1: D5 = Rb N70°E	M6 = Gneis cuarzoeldespatico, color gris claro, grano medio fino
7	437435	883630	Presenta silla de cuarzo con un espesor de 7m	NP	NP
8	437464	883632	Una foliacion: Rb N32°E	NP	M7 = Gneis cuarzoeldespatico, grano grueso a medio
9	437604	883597	Presenta el contacto afloramiento-suelo residual	NP	NP
10	437628	883570	NP	NP	M8 = Gneis cuarzoeldespatico, meteorizado, plegado y foliado, color blanco con gris

De acuerdo al patrón de diaclasa que se observa en el diagrama de rosas, se determinó que los esfuerzos principales que las originaron fueron en la dirección NE-SW (Tabla 5.3 y Figura 5.8); aunque también las diaclasas se pueden originar por la

liberación de esfuerzos al quedar al descubierto los afloramientos, llamadas diaclasas de relajación.

Tabla 5.3 Datos de rumbo y azimut de las diaclasas y la zona de falla.

ESTACIÓN	DIACLASA	RUMBO	AZIMUT	ZONA DE FALLA	RUMBO	AZIMUT
E2	D1	N 25° W	N 335°			
	D2	N 60° W	N 300°			
E4	D3	N 80° W	N 280°	F1	N 25° W	N 25°
	D4	N 20° E	N 20°			
E6	D5	N 70° E	N 70°			

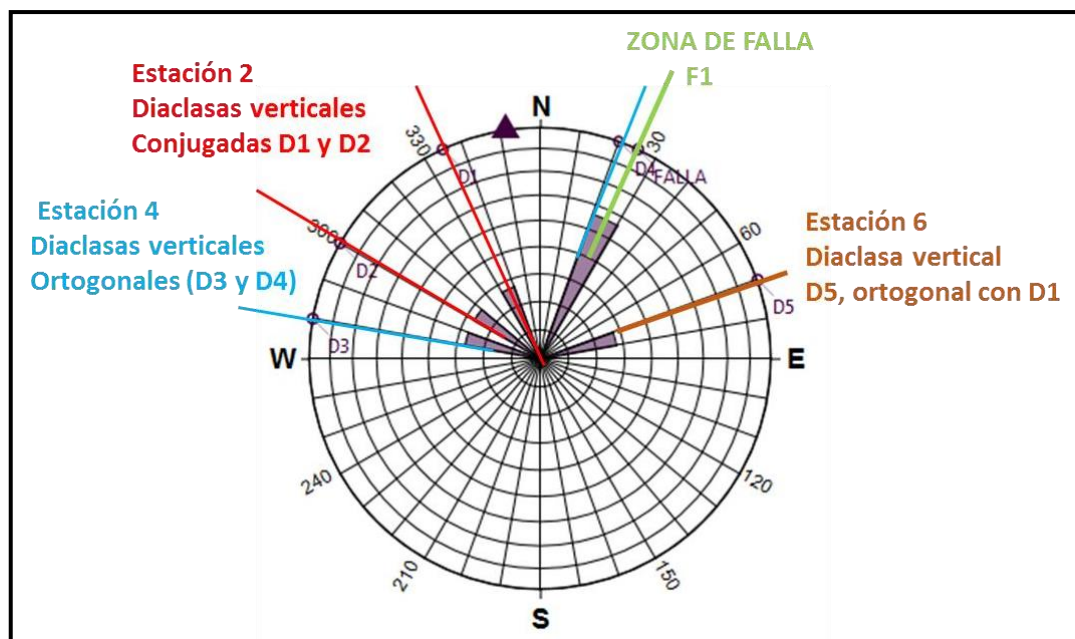


Figura 5.8. Diagrama de Rosas – Diaclasas.

Los afloramientos también están afectados por un cizallamiento de azimut 45° que se encuentra ubicado al NW de los afloramientos.

En la Tabla 5.4 se presentan los datos de las foliaciones, y en la Figura 5.9 el Diagrama de Rosas de las direcciones de las foliaciones; donde se observa que en las estaciones 3,4,5 y 8 ubicadas en el mismo afloramiento de gneises cuarzo feldespáticos de color blanco a gris claro, la dirección general es NE-SW, con rumbos N 32°- 70°E. En base a la diferencia entre las direcciones de las foliaciones entre las estaciones E8 y E5, que es de 38°, se puede inferir la presencia de plegamiento. Además, se observa que en la estación E2 la foliación tiene una dirección muy diferente al resto, y tiene un ángulo de 80° con la foliación de la E5. La estación E2 está ubicada en otro afloramiento, con gneises máficos de grano medio a grueso. Esta diferencia en las direcciones de foliación se debe a causas tectónicas.

Tabla 5.4 Rumbos y azimut de las foliaciones.

ESTACIÓN	RUMBO	AZIMUT
E2	N 10° W	N 350°
E3	N 63° E	N 63°
E4	N 50° E	N 50°
E5	N 70° E	N 70°
E8	N 32° E	N 32°

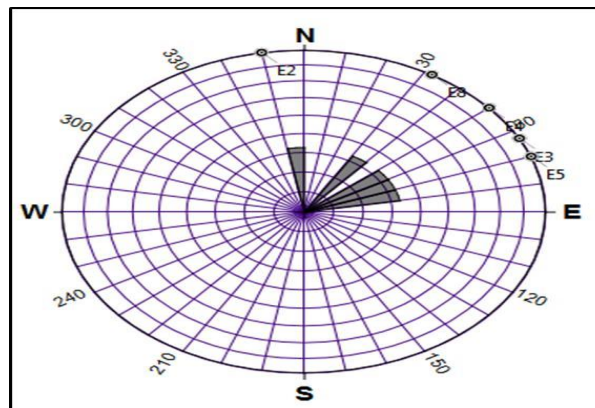


Figura 5.9. Diagrama de Rosas – Foliaciones.

## 5.5. 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 (Figura 5.10).

El Complejo de Imataca se encuentra al oeste del área de estudio, está constituido por gneis foliados, cuarzo feldespático de colores gris claros a gris oscuro, cizallados y diaclasados, muy meteorizados. La Formación Mesa se encuentra ubicada en toda el área de estudio aproximadamente un 70% y está conformada por arenas gravosas arcillosas de colores amarillo con tonalidades rojizas en contacto discordante con rocas meteorizadas del Complejo Imataca; además, se encuentran la unidad de Sedimentos del Reciente bordeando al río y sus afluentes, conformado por arenas medias a gruesas limosas, de color marrón grisáceo (Figura 5.11).



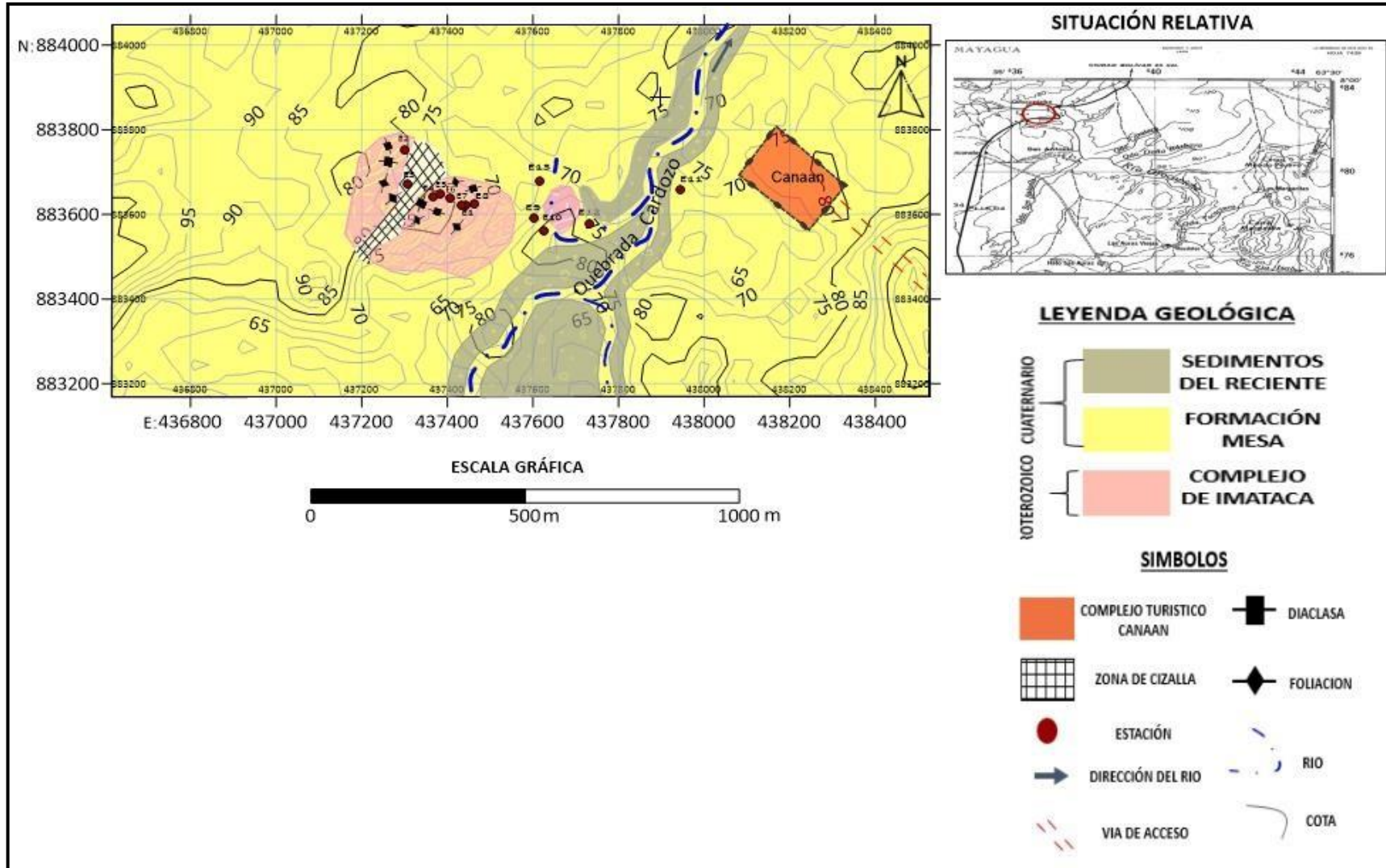


Figura 5.10. Mapa Geológico de la quebrada Cardozo, sector Canaan.



Figura 5.11 Formación Mesa en contacto con rocas del Complejo Imataca meteorizadas.

### **5.6 Clasificación de los suelos presentes en el área de la quebrada Cardozo, sector del balneario Canaán de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00**

En el sector del balneario Canaán se realizaron 3 calicatas (Figura 5.12).





Figura 5.12. Calicatas.

En cada una de las calicatas se realizó la toma de las coordenadas U.T.M. (Tabla 5.5); para tener una comprensión espacial de la ubicación de las zonas muestreadas en la quebrada Cardozo, sector Canaán y conocer el lugar específico de los suelos a clasificar.

Tabla 5.5 Coordenadas de ubicación de las muestras de suelos.

ESTACIÓN	CALICATA	COORDENADAS UTM - HUSO 20		CANTIDAD DE ESTRATOS	PROFUNDIDAS DE LOS ESTRATOS (cm)
		NORTE (N)	ESTE (E)		
11	1-Calicata	883664	437947	1	55
				2	93
12	2-Calicata	883584	437732	1	65
13	3-Calicata	883685	437618	1	15
				2	45

En ellas se determinó que predominan las arenas gruesas a medias de colores marrón grisáceo y marrón claro, y no se les observaron estructuras. Esos sedimentos son típicos de sedimentos aluviales de las quebradas de la zona influenciada por cambios en el lecho del río. Los espesores de las capas varían entre 15 y 72 cm (Figuras 5.13, 5.14 y 5.15).


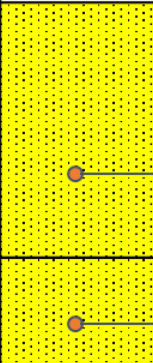
 <b>Estación 11 Calicata #C1</b> Coordenadas: N: 883664 – E: 437947 Fecha:30/05/2022 - Sector Balneario Canaán					
PROFUNDIDAD (Cm)	ESPESOR (Cm)	LITOLOGIA	MUESTRA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN
93	72		M1	No se observaron	Arena gruesa a media, marrón grisáceo
	25		M2	No se observaron	Arena gruesa a media, marrón claro

Figura 5.13. Columna sedimentológica de la calicata C1.


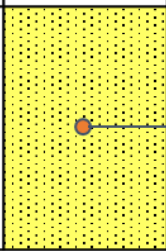
 <b>Estación 12 Calicata #C2</b> Coordenadas: N: 883584 – E: 437732 Fecha:30/05/2022 - Sector Balneario Canaán					
PROFUNDIDAD (Cm)	ESPESOR (Cm)	LITOLOGIA	MUESTRA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN
65	65		M1	No se observaron	Arena gruesa a media, gris, ligeramente limosa

Figura 5.14. Columna sedimentológica de la calicata C2.


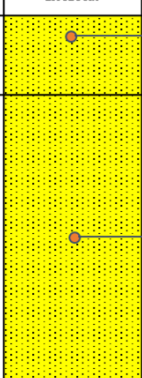
 <b>Estación 13 Calicata #C3</b> Coordenadas: N: 885685 – E: 437618 Fecha:30/05/2022 - Sector Balneario Canaán					
PROFUNDIDAD (Cm)	ESPESOR (Cm)	LITOLOGIA	MUESTRA	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	DESCRIPCIÓN
75	15		M1	No se observaron	Arena gruesa a media, marrón grisáceo.
	55		M2	No se observaron	Arena gruesa a media, marrón.

Figura 5.15. Columna sedimentológica de la calicata C3.

En el apéndice A (A.1 hasta A.5) se muestran los resultados de los análisis granulométricos de las muestras de suelo, y en el apéndice B (B.1 hasta B.5) están representadas cada una de las curvas granulométrica obtenidas y los valores correspondientes para el decil 60, 30 y 10, tales deciles fueron utilizados para calcular el Coeficiente de Uniformidad y el Coeficiente de Curvatura para cada representación gráfica mostrada.

En la tabla 5.6. que se muestra a continuación los resultados obtenidos durante el tamizado de las muestras de las calicatas, así como también los parámetros que se utilizan para la clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de los suelos (SUCS) y los datos obtenidos de la distribución de las curvas granulométricas.

Según el método de Clasificación Unificada de Suelos para que un suelo sea considerado arena, el porcentaje pasante por el tamiz N°4 debe de ser mayor al 50%.

Tabla 5.6. Parámetros para el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUSC).

CALICATA	ESTRATOS	% Pasante N° 4	CU	CC	% Pasante N°200	SUCS
1 - Calicata	E11 - C1 - M1	100%	3,27	1,34	4,88%	SP
	E11 - C1 - M2	100%	3,77	0,9	2,55%	SP
2 - Calicata	E12 - C2 - M1	100%	3,77	1,23	4,38%	SP
3 - Calicata	E13 - C3 - M1	100%	2,8	0,91	4,55%	SP
	E13 - C3 - M2	100%	3,77	0,98	5,74%	SP

En este sentido, podemos decir que estamos en presencia de arenas debido a que más del 50% del material de cada una de las muestras de suelos pasa por el tamiz N°4 como se muestra en la tabla 5.3.

De acuerdo con los criterios de clasificación según SUCS, cada una de las muestras estudiadas corresponde a suelos mal gradados sin finos pues no cumplen con los criterios de clasificación expuestos en la tabla 3.1.

De manera general se obtuvo que cada una de las muestras de suelos tomadas en los linderos de la quebrada Cardozo, sector Canaán corresponden a “arenas mal gradadas” con poco finos o sin finos cuya nomenclatura dentro del sistema unificado de clasificación de los suelos es SP.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1) En general, la topografía del área es muy variada, distinguiéndose como rasgos principales morichales y las lomas convexas. La monotonía del paisaje se interrumpe a menudo por la presencia de los afloramientos en bloques dispersos.

2) Los afloramientos tienen una orientación NW-SE, se presentan muy diaclasados, en bloques esféricos muy meteorizados con los mayores tamaños en las cotas superiores, que son de 86 msnm con dimensiones superiores a los 2 metros.

3) Las rocas presentes en estos afloramientos son Gneis foliados de grano media a grueso, de color gris claro a oscuro; que presentan zonas de cizallamiento al NW, donde se encuentran fragmentos de cuarzo flotante, asociados a la zona de cizalla.

4) Según el análisis de las muestras de rocas se determinó que en la zona de estudio predominan Gneis granítico biotítico de grano medio, de colores blancos con bandas negras, con textura granoblástica a gnéisica, débilmente foliada y en menor proporción Granulita máfica, de grano medio de color negro grisáceo, de textura granoblástica y Gneis monzónico de grano medio, con textura granoblástica, y metamorfismo muy bajo.

5) Los gneises están constituidos mineralógicamente por Mica biotita 30%, Plagioclasa 40%, Cuarzo 15%, Hornblenda 8% y Feldespatos 7%.

6) Las granulitas están constituidas mineralógicamente por Plagioclasa 40%, Mica biotita 5%, Hornblenda 35% y Piroxenos 20%,

7) Los gneises monzónicos están constituidos por los minerales Feldespatos 10%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 25%, Biotita 5% y Hornblenda 30%.

8) Las estructuras geológicas presentes los afloramientos de la quebrada Cardozo son: familias de diaclasas ortogonales y conjugadas, cizallamiento y foliaciones.

9) Las diaclasas ortogonales tienen azimut  $20^\circ$  y  $280^\circ$ , las diaclasas conjugadas tienen azimut  $300^\circ$  y  $335^\circ$ ; además existe otro patrón de fracturas oblicuas con un azimut de  $70^\circ$ . La zona de falla es paralela a la familia de diaclasas de azimut  $N45^\circ$ .

10) Las unidades geológicas presentes en la zona de la quebrada Cardozo en el sector del Complejo Turístico Canaán son el Complejo de Imataca, la Formación Mesa, y Sedimentos Recientes.

11) En el mapa geológico-estructural, la Formación Mesa representa aproximadamente el 65% del total de superficie y que se deposita en forma discordante sobre el Complejo de Imataca, que representa aproximadamente el 15% del total de superficie y es donde se identifican diaclasas, zonas de cizalla y foliaciones. Estas unidades son atravesadas por la Quebrada Cardozo la cual va depositando la tercera unidad que son los "Sedimentos Recientes", los cuales representan aproximadamente el 20% del total de la superficie y cuya exposición está en los márgenes de la quebrada.

12) Al oeste del área se encuentran dos afloramientos separados por una zona de cizalla con presencia de cuarzo flotante, y al este de ellos se encuentra la quebrada Cardozo bordeada por Sedimentos del Reciente.

13) En las calicatas se determinó que predominan las arenas gruesas a medias de colores marrón grisáceo y marrón claro, sin estructuras; y son sedimentos aluviales de las quebradas de la zona influenciada por cambios en el lecho del río.

14) Los diferentes estratos de suelos presentes en la quebrada Cardozo según la norma ASTM-D2487-00 fueron clasificados como “Arenas medias a gruesas, mal gradadas con pocos finos o sin finos” de simbología SP.

### **Recomendaciones**

1) Analizar petrográficamente las diferentes rocas de los afloramientos ubicados al oeste de la quebrada Cardozo, sector Canaán, a fin de comprobar la clasificación macroscópica realizada.

2) Analizar químicamente los sedimentos de la quebrada Cardozo ubicada al oeste del centro turístico Canaán, relacionarlas con la clasificación petrográfica.

3) Determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de la quebrada Cardozo ubicado al Oeste del centro turístico Canaán, con el fin de conocer sus usos potenciales.

4) Determinar el Índice de Calidad de Agua (I.C.A) de la quebrada Cardozo ubicado al oeste del centro turístico Canaán.

5) Describir la geometría y dimensiones de la sección de la quebrada Cardozo ubicado al oeste del centro turístico Canaán.

6) Caracterizar morfométricamente la cuenca de la quebrada Cardozo ubicado al oeste del centro turístico Canaán.



## REFERENCIAS

Arias, F. (2012). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, pp 24, 26, 27, 31, 67, 81 y 83.

Ascanio (1975), Coordiani y otros (2000), Mendoza (1974) Mendoza (2000), Menéndez (1968), Tassinari y otros (2000) citados en Mendoza, V. (2005) **GEOLOGIA DE VENEZUELA ESCUDO DE GUAYANA, ANDES Y CARIBE**. Tomo I. Escuela de Ciencias de la Tierra.

Bosch, M (2017) **ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE ALGUNOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS SUELOS**. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas y energía, Madrid, España, pp 08-09.

CVG. EDELCA. (2.004). **LA CUENCA DEL RÍO CARONÍ**. Editorial Exlibris. Caracas. pp 46-48.

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

Dougan (1972). **ORIGEN Y METAMORFISMO DE LAS GNEISES DE IMATACA Y LOS INDIOS. ROCAS PRECÁMBRICAS DE LA REGIÓN DE LOS INDIOS, EL PILAR. ESTADO BOLÍVAR**. Mem, IV Con. Geol. Venezolano, III.

Duque - Escobar, G. (2002) **MECÁNICA DE LOS SUELOS**. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, sede Manizales.

Escamilla, F. (1999). **GEOGRAFÍA DE VENEZUELA**. Caracas: Oxford University Press, 1999. Texto para la Tercera Etapa de la Educación Básica (Noveno grado).

Gonzalez de Juana, C. y otros (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS TOMO I**, Ediciones FONINVES, Caracas – Venezuela, pp 78.

Google (2018). **GOOGLE EARTH PRO**. Windows 7, Google LLC. California, Estados Unidos.

Griem, W. (2019). **Apuntes geología estructural: roseta de diaclasas**. geovirtual2. <https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/prak03.htm>

Hunt, R. (1986). **“GEOTECHNICAL ENGINEERING TECHNIQUES AND PRACTICES”**. Mac Graw Hill. Primera edición. USA.

Hurley, P. M., Kalliokoski, J., Fairbairn, W. N. and Pinson, W. H. (1972). **PROGRESS REPORT ON THE AGE OF GRANULITE FACIES ROCK IN THE IMATACA COMPLEX**. Venezuela. IX Conf. Geol. Interguayana, (Ciudad Guayana), 6, 431 - 433.

Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (2011). **GEOLOGÍA**. Consulta 20 de noviembre de 2020 [<https://www.icgc.cat/es/>].

Mattauer, M. (1973). **LAS DEFORMACIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE**. Ediciones Omega, S.A. Métodos. [https://es.wikipedia.org/wiki/Dique\\_\(geolog%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Dique_(geolog%C3%ADa)).

Osorio, E. (2020). **¿CÓMO FUNCIONA UN AFLORAMIENTO ROCOSO?**. Cómo Funciona. <https://como-funciona.com/afloramiento-rocoso/>

Paul, C., Hackley, A., Karlsen, W., Garrity, C. (2019). Franco Urbani. (Escuela de Geología, Minas y Geofísica. UCV - FUNVISIS).

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

Ramsay, J. (1987). **MODERN STRUCTURAL GEOLOGY. VOL. 2: FOLDS AND FRACTURES**. Academic Press, London, pp 311.

Short, K., Steeken, W. (1960). **GUIA DE LA EXCURSION A-2 CARRETERA CIUDAD PIAR-CIUDAD BOLIVAR**: Memoria, III Congreso Geológico Venezolana, v. 1, p. 59-61.

Soriano, G. (2013). **GEODINÁMICA, TEMA VII**. Universidad de Coruña, pp 29 y 32.

Tarbuck, J. y Lutgens, K. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA**. Pearson Educación S. A., Madrid – España, pp 201 – 301.

Vila, Pablo. (1965). **GEOGRAFÍA DE VENEZUELA**. Caracas: Ministerio de Educación; tomo 1: 1960; tomo 2.

Weather Spark. (2012). **EL CLIMA EN CIUDAD BOLÍVAR, EL TIEMPO POR MES, TEMPERATURA PROMEDIO (VENEZUELA)**. Weather spark.

<https://es.weatherspark.com/y/28386/Clima-promedio-en-Ciudad-Bol%C3%ADvar-Venezuela-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

## A.1. Análisis granulométrico de la calicata 1, muestra 1, estación 11.

<b>Peso inicial de muestra húmeda (gr)</b>	1176		<b>Peso inicial antes del tamizado (gr)</b>	631			
<b>Peso de muestra seca (gr)</b>	1102		<b>ARENA MEDIA A GRUESA</b>	<b>E11-C1-M1</b>			
<b>% Humedad</b>	6,72						
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Diametro de malla (mm)</b>	<b>Peso del tamiz (gr)</b>	<b>Peso del tamiz + Suelo Retenido</b>	<b>Suelo retenido</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasante</b>
16	1,19	650	650	0	0,00	0,00	100,00
18	1	602	657	55	8,94	8,94	91,06
35	0,5	555	689	134	21,79	30,73	69,27
60	0,25	289	494	205	33,33	64,07	35,93
120	0,125	494	634	140	22,76	86,83	13,17
200	0,075	504	555	51	8,29	95,12	4,88
-200	0,0625	481	511	30	4,88	100,00	0,00
			<b>Total de suelo retenido (gr)</b>	<b>615,0</b>	100		

## A.2. Análisis granulométrico de la calicata 1, muestra 2, estación 11.

<b>Peso inicial de muestra húmeda (gr)</b>	1176		<b>Peso inicial antes del tamizado (gr)</b>	631			
<b>Peso de muestra seca (gr)</b>	1102		<b>ARENA MEDIA A GRUESA</b>	<b>E11-C1-M1</b>			
<b>% Humedad</b>	6,72						
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Diametro de malla (mm)</b>	<b>Peso del tamiz (gr)</b>	<b>Peso del tamiz + Suelo Retenido</b>	<b>Suelo retenido</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasante</b>
16	1,19	650	650	0	0,00	0,00	100,00
18	1	602	657	55	8,94	8,94	91,06
35	0,5	555	689	134	21,79	30,73	69,27
60	0,25	289	494	205	33,33	64,07	35,93
120	0,125	494	634	140	22,76	86,83	13,17
200	0,075	504	555	51	8,29	95,12	4,88
-200	0,0625	481	511	30	4,88	100,00	0,00
			<b>Total de suelo retenido (gr)</b>	<b>615,0</b>	100		

## A3. Análisis granulométrico de la calicata 2, muestra 1, estación 12

<b>Peso inicial de muestra húmeda (gr)</b>	946		<b>Peso inicial antes del tamizado (gr)</b>	555			
<b>Peso de muestra seca (gr)</b>	884		<b>ARENA MEDIA A GRUESA</b>	<b>E12-C2-M1</b>			
<b>% Humedad</b>	7,01						

Nº de Tamiz	Diametro de malla (mm)	Peso del tamiz (gr)	<b>Peso del tamiz + Suelo Retenido</b>	Suelo retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
16	1,19	650	650	0	0,00	0,00	100,00
18	1	602	646	44	8,03	8,03	91,97
35	0,5	555	712	157	28,65	36,68	63,32
60	0,25	289	476	187	34,12	70,80	29,20
120	0,125	494	594	100	18,25	89,05	10,95
200	0,075	504	540	36	6,57	95,62	4,38
-200	0,0625	481	505	24	4,38	100,00	0,00
			<b>Total de suelo retenido (gr)</b>	<b>548,0</b>	100		

## A4. Análisis granulométrico de la calicata 3, muestra 1, estación 13

<b>Peso inicial de muestra húmeda (gr)</b>	957		<b>Peso inicial antes del tamizado (gr)</b>	560			
<b>Peso de muestra seca (gr)</b>	898		<b>ARENA MEDIA A GRUESA</b>	<b>E13-C3-M1</b>			
<b>% Humedad</b>	6,57						

Nº de Tamiz	Diametro de malla (mm)	Peso del tamiz (gr)	<b>Peso del tamiz + Suelo Retenido</b>	Suelo retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
16	1,19	650	650	0	0,00	0,00	100,00
18	1	602	652	50	9,11	9,11	90,89
35	0,5	555	678	123	22,40	31,51	68,49
60	0,25	289	483	194	35,34	66,85	33,15
120	0,125	494	631	137	24,95	91,80	8,20
200	0,075	504	524	20	3,64	95,45	4,55
-200	0,0625	481	506	25	4,55	100,00	0,00
			<b>Total de suelo retenido (gr)</b>	<b>549,0</b>	100		

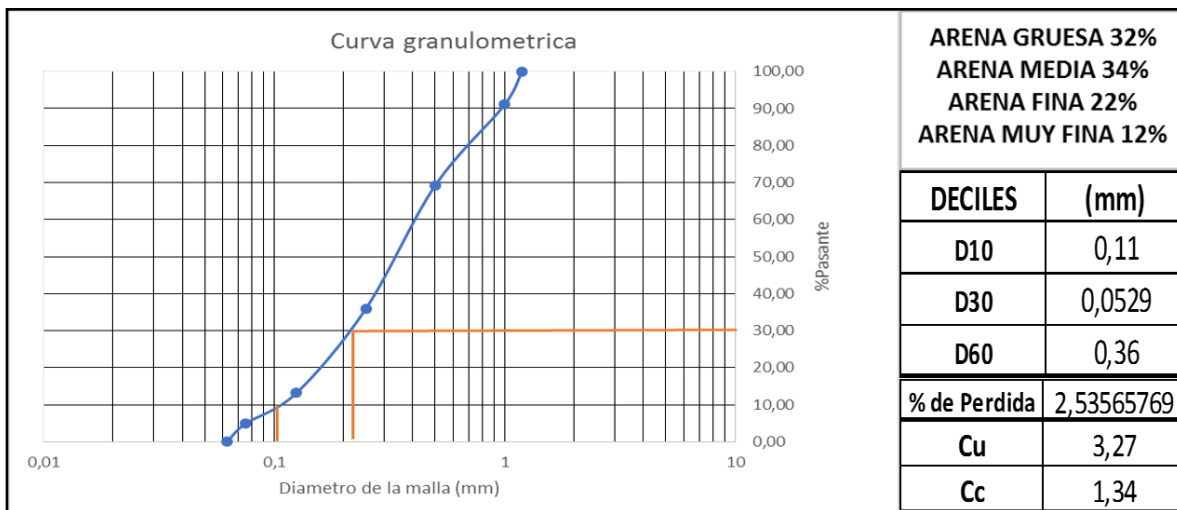


## A5. Análisis granulométrico de la calicata 3, muestra 2, estación 13

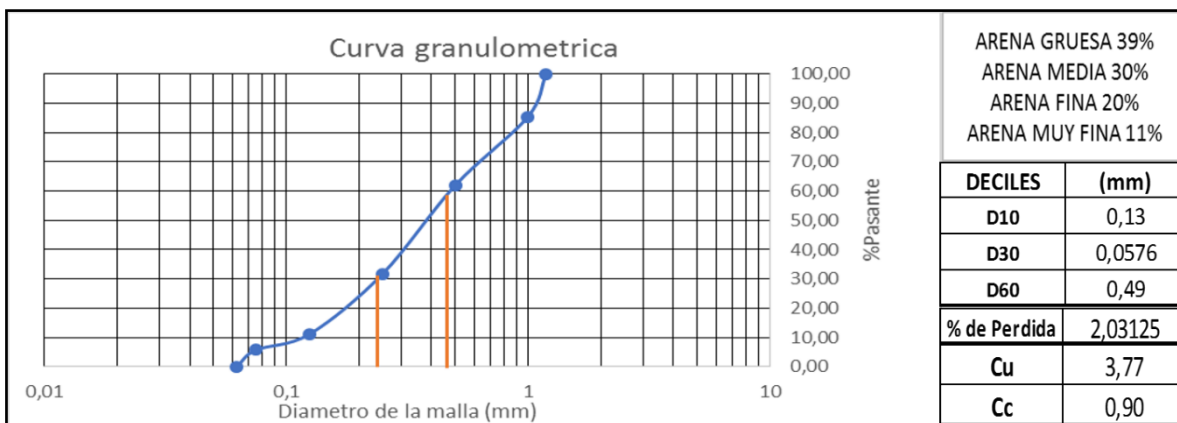
<b>Peso inicial de muestra húmeda (gr)</b>	925		<b>Peso inicial antes del tamizado (gr)</b>	621			
<b>Peso de muestra seca (gr)</b>	872		<b>ARENA MEDIA A GRUESA</b>	<b>E13-C3-M2</b>			
<b>% Humedad</b>	6,08						
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Diametro de malla (mm)</b>	<b>Peso del tamiz (gr)</b>	<b>Peso del tamiz + Suelo Retenido</b>	<b>Suelo retenido</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasante</b>
16	1,19	650	650	0	0,00	0,00	100,00
18	1	602	691	89	14,59	14,59	85,41
35	0,5	555	698	143	23,44	38,03	61,97
60	0,25	289	474	185	30,33	68,36	31,64
120	0,125	494	619	125	20,49	88,85	11,15
200	0,075	504	537	33	5,41	94,26	5,74
-200	0,0625	481	516	35	5,74	100,00	0,00
			<b>Total de suelo retenido (gr)</b>	<b>610,0</b>	100		

**APÉNDICE B**  
**CURVAS GRANULOMÉTRICAS**

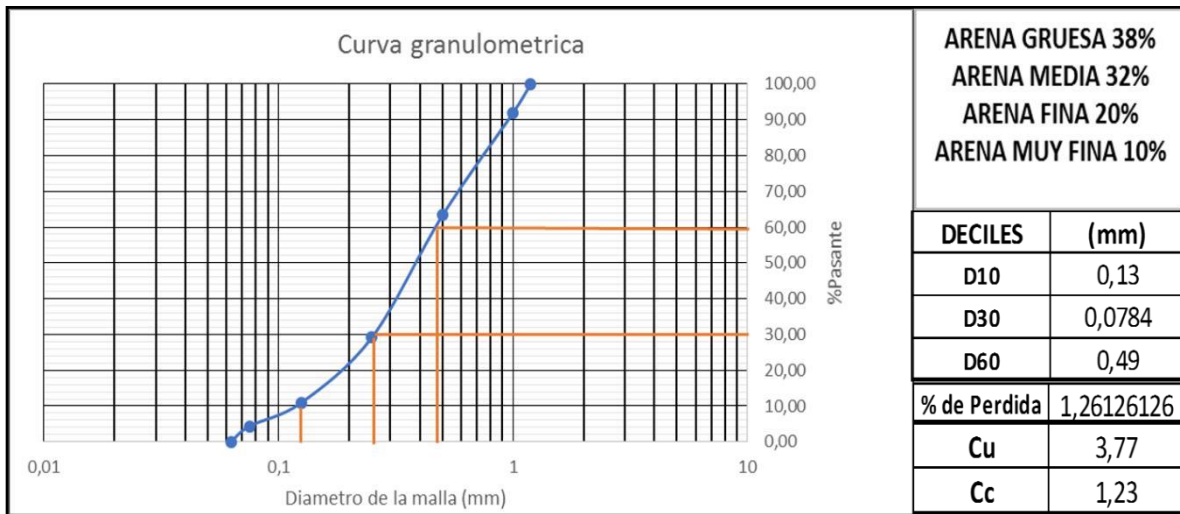
## B.1. Curva de distribución granulométrica de la calicata 1, muestra 1, estación 11



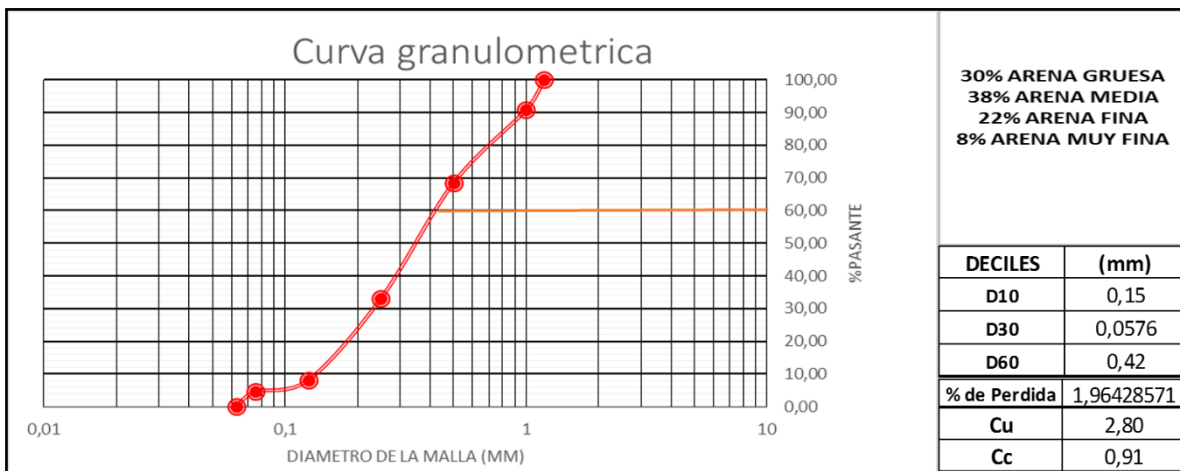
## B.2. Curva de distribución granulométrica de la calicata 1, muestra 2, estación 11



## B.3. Curva de distribución granulométrica de la calicata 2, muestra 1, estación 12



## B.4. Curva de distribución granulométrica de la calicata 3, muestra 1, estación 13



## B.5. Curva de distribución granulométrica de la calicata 3, muestra 2, estación 13

