

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS
AFLORAMIENTOS SITUADOS EN LAS CABECERAS DE LA
QUEBRADA LAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL
ORINOCO, PARROQUIA MARHUANTA, ESTADO BOLÍVAR,
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS
BACHILLERES
FRANCIA LUCES Y
VICTOR MORA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO E
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO DE 2023



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS SITUADOS EN LAS CABECERAS DE LA QUEBRADA LAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, PARROQUIA MARHUANTA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**, presentado por los bachilleres, **Luces Salazar, Francia Italy Esojolati** titular de la cédula **V-27.732.476** y **Mora Suarez, Victor David Moises** titular de la cédula **V-26.374.734**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Prof. Rosario Rivadulla

(Asesor)

Prof. Francisco Monteverde

(Jurado)

Profa. Berenice Sandoval

(Jurado)

Prof. Francisco Monteverde
Jefe de Dpto. de Ing. Geológica

Prof. Francisco Monteverde
Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los ____ días del mes de agosto de 2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a cada integrante de mi familia, en especial, a mi madre Juana Luces y a mis hermanos Jonfrank Rodríguez, Ydderf Luces y Jackson Luces por ser los primeros en conocer mis dificultades y ayudarme siempre a superarlas de la mejor manera.

A todos mis amigos y compañeros de la casa más alta en especial a Andrea Acuña, María Lepage y Yoryibeth Charmelo, por ayudarme desde el comienzo en cada meta propuesta y apoyarme cuando más lo he necesitado.

Luces, Francia.

Dedico mi Tesis de grado a mis padres Víctor Mora y Magda Suarez porque ellos me han dado fortaleza para poder culminar y llegar hasta este punto.

A mis hermanas Zaráid Mora y Zaray Mora, más que mis hermanas, son mis verdaderas amigas.

A toda mi familia y amigos de la universidad que me acompañaron durante toda mi carrera, en especial, a Moisés Mota. Han sido lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Mora, Víctor.

AGRADECIMIENTOS

Agradecida con Dios, por darme salud, fuerza y la sabiduría necesaria para siempre avanzar y superar cada obstáculo, acompañándome y guiándome en todo momento para cumplir mis metas propuestas.

A mi familia; por su ayuda y apoyo constante, porque sin importar la distancia, siempre están allí para saber de mí y ayudarme en lo que sea necesario.

A la Universidad de Oriente, la Escuela Ciencias de la Tierra, mi segundo hogar, por contar con excelentes profesionales y haberme brindado los mejores conocimientos. En especial, a nuestra tutora Rosario Rivadulla, por aceptar guiarnos en este trabajo de grado.

Luces, Francia.

Agradezco a toda mi familia, amigos y conocidos, que estuvieron junto a mí, durante este camino, compartiendo momentos que siempre recordare.

A la Ing. Rosario Rivadulla por aceptar ser nuestra tutora, por todo su tiempo y dedicación empleada en el asesoramiento de este trabajo de investigación. Al igual que a la Universidad de Oriente y a todos los profesores que me inculcaron conocimientos a lo largo de este camino.

Mora, Víctor.

RESUMEN

El proyecto de investigación, se basó en la caracterización geológica de los afloramientos situados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela. En este proyecto se planteó una metodología del tipo exploratorio-descriptivo incluyendo un diseño de campo, lo cual se desarrolló de la siguiente manera: desde una etapa de planificación donde se seleccionó el área de estudio, lo cual procedió a la recopilación de información del área mediante mapas, trabajos de grado, entre otros. Posteriormente, una etapa de campo en la cual se realizó una delimitación del área, la recolección de ocho (8) muestras de roca, la medición y clasificación de las estructuras geológicas encontradas; una etapa de laboratorio en la cual se realizó un análisis petrográfico de forma macroscópica a las muestras de rocas recolectadas, la determinación de la dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras utilizando el diagrama de rosas y la representación de las unidades rocosas y estructuras presentes en la zona de estudio en un mapa geológico utilizando el programa Global Mapper 20. Como resultados se obtuvo que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Reciente; las rocas encontradas se clasificaron como: Gneises Cuarzo Feldespáticos de color beige claro con algunos tonos negros de textura bandeada con granos alargados de medio a fino, constituido mineralógicamente por Feldespato 35%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 25% y Biotita 5% aproximadamente; Gneises Biotíticos Cuarzíferos color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro de textura granoblástica a gnéisica, constituidos mineralógicamente por de Plagioclasa 30%, cristales lenticulares de Mica biotita 30%, Cuarzo 30%, minerales accesorios como Feldespatos en una textura entrelazada con los cristales de Cuarzo y Anfíboles en un 10% aproximadamente; Cuarcitas Ferruginosas color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento, Cuarcitas Ferruginosas color marrón grisáceo con abundante óxido de hierro, Cuarcitas Ferruginosas color ocre grisáceo y Cuarcitas Ferruginosas color pardo rojizo con tonalidades rojo violáceo, las Cuarcitas están constituidas mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Además, algunas zonas presentan abundantes bloques y fragmentos de Cuarcitas producto de la meteorización de diques y sills intrusionados en las rocas debido a los distintos agentes atmosféricos. Se identificaron tres sistemas de diaclasas conjugadas conformados por 3 familias de diaclasas con azimut entre 304°- 340° en la estación 1, de 285° y 327° en la estación 3 y 275°- 311° en la estación 6. Además, dos diaclasas subparalelas con azimut entre 328°- 335° en la estación 8. Mediante el Diagrama de Roseta se concluyó que los esfuerzos que las originaron tienen una predominancia de dirección NE-SW.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTAS DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE APÉNDICES	xvi
LISTA DE ANEXOS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcances de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación	5
CAPÍTULO II GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica.....	6
2.2. Acceso al área de estudio.....	7
2.3 Características generales del área de estudio.....	8

2.3.1	Clima.....	8
2.3.2	Temperatura.....	9
2.3.3	Precipitación	9
2.3.4	Vientos.....	10
2.3.5	Evaporación	10
2.3.6	Vegetación	11
2.3.7	Geomorfología.....	12
2.3.8	Suelos.....	14
2.3.9	Fauna.....	16
2.3.10	Hidrografía.....	16
2.3.11	Geología.....	17
2.3.11.1	Provincia Geológica de Imataca	18
2.3.11.2	Formación Mesa	21
2.3.11.3	Sedimentos Recientes	22
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO		24
3.1	Antecedentes de la investigación.....	24
3.2	Fundamentos teóricos	26
3.2.1	Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas	26
3.2.1.1	Clasificación basada en el protolito.....	27
3.2.1.2	Clasificación basada en criterios de composición, estructura y grado metamórfico	28
3.2.2	Diaclasas	28
3.2.2.1	Tipos de diaclasas	29

3.2.2.2 Diaclasa ortogonal	29
3.2.2.3 Sistema de diaclasas	30
3.2.2.4 Diaclasas no sistemáticas.....	30
3.2.2.5 Diaclasas sistemáticas.....	30
3.2.2.6 Diaclasas conjugadas	30
3.2.2.7 Diaclasas verticales.....	31
3.3 Definición de términos básicos.....	31
3.3.1 Metamorfismo.....	31
3.3.2 Tipos de rocas metamórficas	32
3.3.2.1 Gneis	32
3.3.2.2 Anfibolita.....	32
3.3.2.3 Cuarcita.....	33
3.3.3 Protolito	33
3.3.4 Textura metamórficas	33
3.3.4.1 Texturas foliadas.....	33
3.3.4.1.1 Pizarrosidad (slaty cleavage)	34
3.3.4.1.2 Esquistosidad	34
3.3.4.1.3 Bandeado gnéísico	34
3.3.4.1.4 Otras texturas metamórficas	35
3.3.4.1.5 Las texturas porfidoblásticas	35
3.3.5 Tipos de metamorfismo	36
3.3.5.1 Metamorfismo de contacto	36
3.3.5.2 Metamorfismo hidrotermal.....	37

3.3.5.3 Metamorfismo regional	37
3.3.5.4 Metamorfismo de enterramiento.....	37
3.3.5.5 Metamorfismo dinámico.....	38
3.3.5.6 Metamorfismo de impacto.....	38
3.3.6 Meteorización	39
3.3.7 Erosión.....	39
3.3.8 Rumbo	39
3.3.9 Buzamiento real.....	39
3.3.10 Foliación	40
3.3.11 Falla geológica.....	40
3.3.12 Falla geológica normal	40
3.3.13 Falla geológica inversa y cabalgamientos	40
3.3.14 Sills	41
3.3.15 Diques	41
3.3.16 Afloramiento rocoso	41
3.3.17 Mapa geológico	42
3.3.18 Diagrama de Rosas	42
3.3.19 Arcilla	42
3.3.20 Arena.....	43
3.3.21 Arenisca	43
3.3.22 Limo.....	43
3.3.23 Grava.....	43

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE TRABAJO	44
4.1 Tipo de investigación.....	44
4.2 Diseño de la investigación.....	45
4.3 Población de la investigación	46
4.4 Muestra de la investigación	46
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
4.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	47
4.5.2 Instrumentos de recolección de datos	48
4.6 Flujograma de la investigación.....	49
4.6.1 Selección del área de estudio.....	51
4.6.2 Planificación del trabajo de campo.....	51
4.6.3 Recopilación bibliográfica y cartográfica.....	51
4.6.4 Trabajo de campo	52
4.6.4.1 Delimitación del área de estudio.....	53
4.6.4.2 Reconocimiento y medición de estructuras geológicas	53
4.6.4.3 Recolección de muestras de rocas	55
4.6.4.4 Toma de fotografías	56
4.6.5 Análisis macroscópico de las muestras de rocas	57
4.6.6 Elaboración del diagrama de rosas	57
4.6.7 Digitalización del mapa geológico	58
4.6.8 Análisis e interpretación de los resultados.....	59
 CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	 60
5.1 Descripción de las unidades geológicas del área de estudio.....	60

5.1.1 Rocas metamórficas del Complejo de Imataca.....	60
5.1.2 Formación Mesa	63
5.1.3 Sedimentos del Reciente.....	64
5.2 Clasificación petrográfica de las rocas de acuerdo a sus características macroscópicas	65
5.3 Patrones estructurales en los cuerpos rocosos de los afloramientos.....	68
5.4 Dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras geológicas utilizando diagramas de rosas	72
5.4.1 Diaclasas	73
5.4.2 Foliaciones.....	79
5.4.3 Fallas.....	80
5.5 Análisis del mapa geológico del sector de las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
Conclusiones.....	83
Recomendaciones	85
REFERENCIAS	86
APÉNDICES.....	91
ANEXOS	106

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona. (Google Earth).....	6
Figura 2.2 Acceso al área de estudio representada con línea segmentada azul (Google Earth).....	7
Figura 2.3 Vegetación presente en el área de estudio (Quebrada Las Tinajitas).....	12
Figura 2.4 Zona elevada o topográficamente positiva del sector Las Tinajitas.....	13
Figura 2.5 Suelos tipo Ultisoles que caracterizan al sector las Tinajitas.....	15
Figura 2.6 Mapa geológico mostrando la extensión del escudo de Guayana en el Norte de Suramérica (Modificada de Ledru y Milesi, 1.994 en Mendoza, 2000).....	18
Figura 2.7 Mapa geológico a 1:25.000, año 1983. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, UCV y la Fundación Venezolana De Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Venezuela.....	22
Figura 3.1 Tipos de diaclasas (W. Griem. 2020).....	29
Figura 3.2 Factores que influyen en el metamorfismo (Gómez, E. 2013).....	31
Figura 3.3 Micaesquisto granatífero. Los cristales rojo oscuro del granate (porfidoblastos) están incrustados en una matriz clara de micas de grano fino (Tarbuck E. J.).....	36
Figura 3.4 Tipos de metamorfismo (Moranco, P. 2013).....	38
Figura 4.1 Principales equipos utilizados en la recolección de datos.....	48
Figura 4.2 Flujograma de la metodología.....	49

Figura 4.3 Hoja cartográfica de Ciudad Bolívar edición (7440) 1-DCN (1971).....	52
Figura 4.4 Afloramientos rocosos del área de estudio.....	53
Figura 4.5 Medición de rumbo de diaclasa.....	54
Figura 4.6 Medidas de las dimensiones de los afloramientos utilizando cinta métrica.....	54
Figura 4.7 Muestras de rocas extraídas.....	55
Figura 4.8 Muestra extraída con sus coordenadas U.TM.....	55
Figura 4.9 Foliación observada en la roca.....	56
Figura 4.10 Programa Rozeta 2.0.....	57
Figura 5.1 Afloramientos de rocas metamórficas del Complejo de Imataca.....	61
Figura 5.2 Afloramiento de Gneis del Complejo de Imataca.....	61
Figura 5.3 Rocas meteorizadas con intrusivos de Cuarzo del Complejo de Imataca.....	62
Figura 5.4 Lomas de Cuarcitas Ferruginosas, sector quebrada Las Tinajitas.....	62
Figura 5.5 Cuarcitas Ferruginosas del Complejo de Imataca.....	62
Figura 5.6 Bloques y fragmentos de Cuarzo disgregados por meteorización de las rocas del Complejo Imataca.....	63
Figura 5.7 Sedimentos arenosos con estratificación cruzada, del Reciente depositados bordeando la quebrada Las Tinajitas.....	64
Figura 5.8 Resumen de la clasificación macroscópica de las muestras de rocas.....	66
Figura 5.9 Gneises del Complejo de Imataca estaciones 1 y 8.....	67
Figura 5.10 Cuarcitas Ferruginosas del Complejo de Imataca, de las estaciones 1, 2, 3, 4,5 y 7.....	67
Figura 5.11 Sistema de diaclasas conjugadas en la estación.....	69
Figura 5.12 Diaclasa en la estación 3.....	69
Figura 5.13 Sistema de diaclasas ortogonales en la estación 6.....	70
Figura 5.14 Diagrama de rosa construido a partir de las direcciones en azimut, de las diaclasas estudiadas, utilizando el programa Rozeta 2.0.....	73

Figura 5.15 Diagrama de Rosas señalando los sistemas de diaclasas.....	74
Figura 5.16 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para el sistema de diaclasas conjugadas (estación 1).....	75
Figura 5.17 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para el sistema de diaclasas conjugadas (estación 3).....	76
Figura 5.18 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para los sistemas de diaclasas conjugadas (estación 6).....	77
Figura 5.19 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para las diaclasas DM-DN subparalelas (estación 8).....	78
Figura 5.20 Diagrama de rosas de foliaciones encontradas en la zona.....	79
Figura 5.21 Diagrama de Rosas representando las fallas encontradas en la estación 8.....	80
Figura 5.22 Mapa geológico con las unidades estratigráficas y las estructuras presentes de la zona de estudio.....	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Precipitaciones medias - Ciudad Bolívar 1991-2016 (Weather Spark, 2016).....	9
Tabla 5.1 Coordenadas de las estaciones.....	60
Tabla 5.2 Clasificación petrográfica de las muestras de rocas.....	65
Tabla 5.3 Estructuras observadas en las estaciones de trabajo.....	68
Tabla 5.4 Orientación de las estructuras geológicas en las estaciones del área.....	71
Tabla 5.5 Datos de azimut de las estructuras.....	72

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE A FICHAS DESCRIPTIVAS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS	92
Apéndice A.1. Ficha descriptiva de la muestra E1-M1.....	93
Apéndice A.2. Ficha descriptiva de la muestra E1-M2.....	94
Apéndice A.3. Ficha descriptiva de la muestra E2-M1.....	95
Apéndice A.4. Ficha descriptiva de la muestra E3-M1.....	96
Apéndice A.5. Ficha descriptiva de la muestra E4-M1.....	97
Apéndice A.6. Ficha descriptiva de la muestra E5-M1.....	98
Apéndice A.7. Ficha descriptiva de la muestra E7-M1.....	99
Apéndice A.8. Ficha descriptiva de la muestra E8-M1.....	100
Apéndice A.9. Ficha descriptiva de la muestra E8-M2.....	101
APÉNDICE B MAPA DE CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA	102
Apéndice B.1. Mapa de curvas de nivel de la zona elaborado con la aplicación Global Mapper 20.....	103
APÉNDICE C IMAGEN ASTER DE LA ZONA	104
Apéndice C.1. Imagen ASTER de la zona de estudio generada con la aplicación Global Mapper 20.....	105

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA ESTUDIO.....	107
---	------------

INTRODUCCIÓN

El estado Bolívar se caracteriza por sus riquezas naturales y rasgos geológicos relevantes. La Provincia de Imataca, en Venezuela, está situada en el extremo Norte de la Guayana Venezolana, compuesta principalmente por Gneises félsicos y máficos, formaciones bandeadas de hierro, dolomita, cuarcita, charnockitas, migmatitas, anfibolitas y demás rocas granitoideas en cantidades muy subordinadas.

El sector Las Tinajitas es un área con gran presencia de concentraciones de rocas, minerales y estructuras geológicas, sin embargo, no existe mucha información geológica disponible. Por lo tanto, este trabajo de grado se basa en caracterizar geológicamente los afloramientos situados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela. El cual consistirá en describir las diferentes unidades geológicas, así como también, analizar desde el punto de vista petrológico las rocas presentes. Asimismo, se plantea interpretar las estructuras geológicas que se puedan observar en el área de estudio; con la finalidad de que este trabajo sirva de base para próximos estudiantes y profesionales que decidan estudiar esta área, de manera que, constituya un complemento informativo en la geología del estado Bolívar.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera: Capítulo I. Situación a investigar: incluye el planteamiento de problema, los objetivos planteados, justificación de la investigación, alcances y limitaciones del proyecto. Capítulo II. Generalidades: comprende la ubicación geográfica y el acceso a la zona, así como las características generales del área de estudio. Capítulo III. Marco teórico: muestra los antecedentes de la investigación, las bases teóricas que la sustentan y términos básicos.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: describe el tipo de investigación, diseño de la investigación, el flujograma y la explicación de cada uno de los procedimientos realizados. Por último, el Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: donde se observan los resultados obtenidos, las respectivas conclusiones y los anexos del trabajo de grado.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Debido a la gran variedad de afloramientos rocosos con diferentes características litológicas y estructurales encontrados por toda la extensión del estado Bolívar y sus alrededores, surge la necesidad de caracterizar algunas zonas con la finalidad de aportar información para trabajos de investigaciones actuales o posteriores.

La zona propuesta para este trabajo de grado son los afloramientos encontrados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela. Sin embargo, la información geológica y ciencias afines, en esta zona son escasas. Con la realización de este proyecto, se busca ampliar la información geológica, petrográfica de las rocas, así como de las estructuras geológicas presentes en el área y aportar algunos antecedentes recientes, además de, material que pueda servir de base para los estudiantes y profesionales que realicen trabajos de investigación sobre esta zona en el futuro.

Para ello se realizará la inspección del área para determinar las unidades geológicas presentes, la descripción de los afloramientos y la clasificación petrológica de sus rocas, así como también, la identificación y clasificación de las estructuras geológicas presentes en las unidades rocosas.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológicamente los afloramientos situados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las unidades geológicas presentes en el área de estudio con apoyo bibliográfico y datos de campo.

2. Clasificar las rocas petrográficamente de acuerdo a sus características macroscópicas.

3. Identificar las principales estructuras y patrones estructurales encontrados en los cuerpos rocosos de los afloramientos.

4. Determinar la dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras geológicas presentes en las rocas de los afloramientos, utilizando el diagrama de rosas.

5. Representar en un mapa geológico las unidades rocosas y estructuras presentes en la zona de estudio.

1.3 Justificación de la investigación

La realización de este proyecto surge de la idea de aportar nueva información geológica de la zona a estudiar.

Con la realización de esta investigación se podrán identificar las estructuras y patrones geológicos presentes en el área de estudio, también las texturas y composición mineralógica macroscópica de las rocas que se encuentran en la superficie y así poder describir a mayor detalle las características geológicas que presentan los afloramientos encontrados.

1.4 Alcances de la investigación

En esta investigación se clasificarán macroscópicamente las rocas pertenecientes a los afloramientos, se identificarán las estructuras geológicas presentes en las unidades rocosas, se determinará la dirección de los esfuerzos que originaron las estructuras geológicas, analizando los diagramas de rocas; además de, la elaboración de un mapa geológico de superficie con las unidades aflorantes presentes en la zona.

1.5 Limitaciones de la investigación

El aspecto más resaltante que podría limitar el desarrollo de este trabajo de investigación sería la dificultad para el ingreso a la zona de estudio, ya que, es una zona accidentada, boscosa y alejada de la población lo que hace peligroso la exploración de esta. Además, el costo económico del traslado a la entrada de la zona de estudio y la falta de información bibliográfica a nivel de detalle referente a ella.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica

Bolívar es uno de los veintitrés estados que, junto con el distrito capital y las dependencias federales, forman la República Bolivariana de Venezuela. Su capital es Ciudad Bolívar y su ciudad más poblada, Ciudad Guayana.

Está ubicado al sureste del país, en la región Guayana, limitando al norte con Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro, al este con la Guyana Esequiba, (actualmente en reclamación), al sur con Brasil mediante la divisoria de aguas de las cuencas del Orinoco y Amazonas, al suroeste con Amazonas y al oeste con Apure. Su territorio está situado casi en su totalidad sobre el macizo guayanés.

El área de estudio se encuentra en las coordenadas $8^{\circ}4'34.62204''N$ $63^{\circ}26'57.58692''W$, pertenecientes al Huso 20 N, ubicada en la autopista Simón Bolívar, municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar, Venezuela.

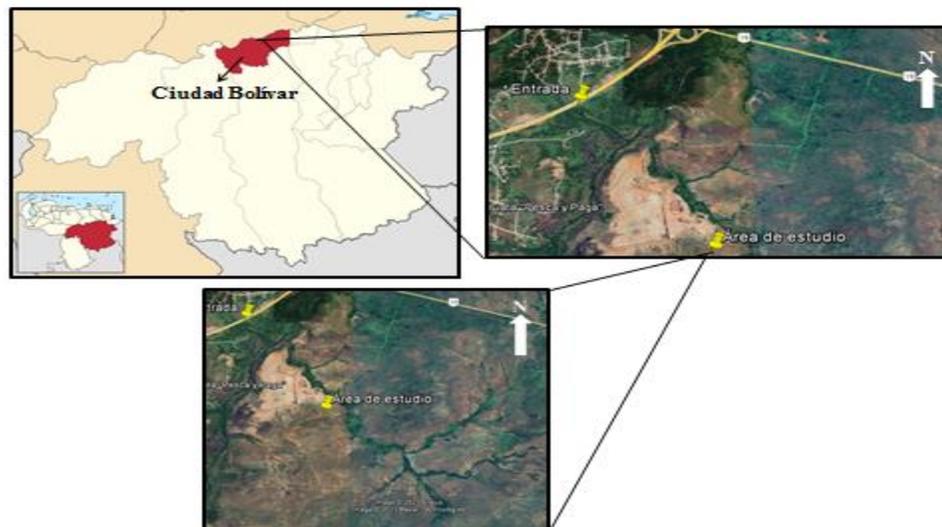


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona. (Google Earth).

2.2. Acceso al área de estudio

La entrada del área de estudio se encuentra en las coordenadas $8^{\circ}5'15.91''N$ $63^{\circ}27'29.38''W$, para el acceso se debe recorrer aproximadamente 1km partiendo desde el puesto de control GNB ubicado en la entrada de Ciudad Bolívar. Caminado en dirección sur cruzando al lado izquierdo de la autopista Simón Bolívar.

La zona es de paso peatonal, los primeros 6 minutos del tramo están comprendidos por alta vegetación. Luego se procede a cruzar la quebrada Las Tinajitas, conocida así por los habitantes de la zona. Al cruzar la quebrada se procede a caminar por suelo trabajado por maquinaria producto del proyecto de penitenciaría Marhuanta hasta finalmente llegar a la zona de los afloramientos.

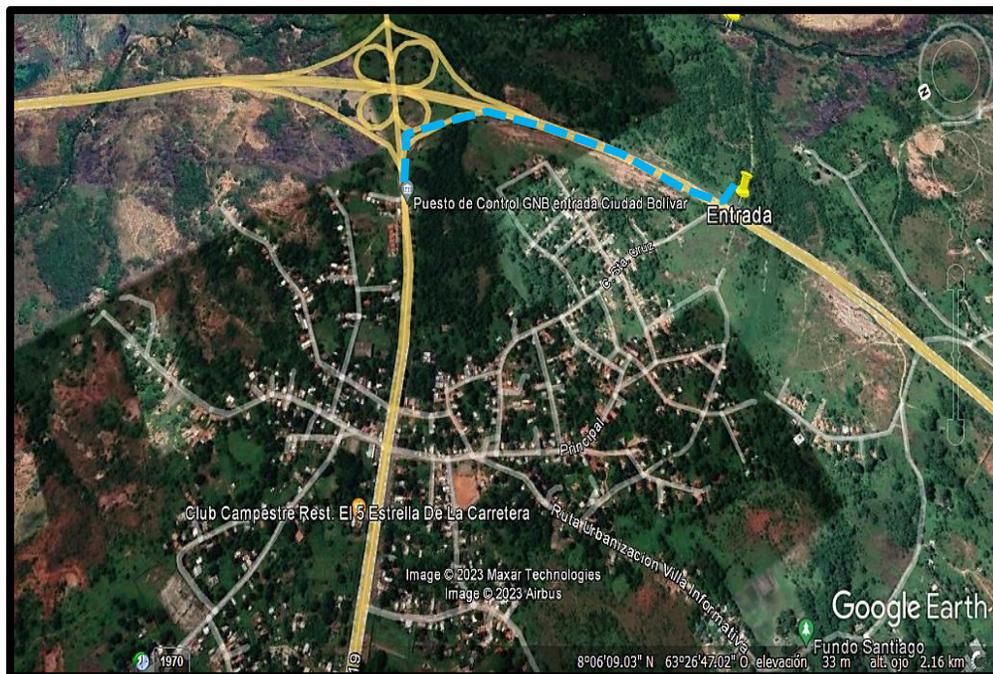


Figura 2.2 Acceso al área de estudio representada con línea segmentada azul (Google Earth).

2.3 Características generales del área de estudio

2.3.1 Clima

Al igual que el resto de Venezuela, el estado Bolívar, está dentro de la zona intertropical del hemisferio Norte, caracterizado por insolación relativamente constante, carencia de estacionalidad e igual duración del día y la noche. Como en otras regiones bajo la acción sostenida de los vientos alisios el factor fundamental que condiciona el clima terrestre es la influencia eólica (Herrera L., 1986).

En Ciudad Bolívar y sus alrededores la temporada de lluvia es opresiva y nublada; la temporada seca es bochornosa, ventosa, mayormente nublada y muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 21 °C o sube a más de 38 °C (Weather Spark, 2016).

La temporada calurosa dura 1,9 meses, del 2 de marzo al 30 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El mes más cálido del año en Ciudad Bolívar es abril, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y mínima de 25 °C (Weather Spark, 2016).

La temporada fresca dura 2,6 meses, del 6 de junio al 26 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El mes más frío del año en Ciudad Bolívar es diciembre, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima de 32 °C (Weather Spark, 2016).

2.3.2 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).

2.3.3 Precipitación

En Ciudad Bolívar y sus alrededores, las precipitaciones ascienden a 975 milímetros por año: por lo tanto, se sitúan a un nivel intermedio. En el mes menos lluvioso (marzo) ascienden a 9 mm, en el mes más lluvioso (julio) ascienden a 185 mm (Tabla 2.1) (Weather Spark, 2016).

Tabla 2.1 Precipitaciones medias - Ciudad Bolívar 1991-2016
(Weather Spark, 2016).

Mes	Cantidad (mm)	Días
Enero	20	4
Febrero	13	2
Marzo	9	2
Abril	25	2
Mayo	100	9
Junio	165	15
Julio	185	15
Agosto	160	12
Septiembre	95	8
Octubre	95	7
Noviembre	60	6
Diciembre	40	6
Año	975	89

2.3.4 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).

2.3.5 Evaporación

Este elemento es un fenómeno gradual que se incrementa proporcionalmente, de acuerdo con la cantidad total de superficie expuesta. La ubicación de la zona juega un papel importante en este parámetro, ya que el aumento o disminución del mismo depende directamente de la influencia de la temperatura y radiación solar, sobre las aguas del Orinoco. La evaporación media anual es de 1.830 mm, con periodos máximos y mínimos asociados al régimen de precipitación. Con respecto a los

sectores, la evaporación media anual más alta es de 2.250 mm (Castillo y Castillo, 2005).

Debido a la gran intensidad de radiación solar que se recibe durante todo el año da lugar a una tasa de alta evaporación, especialmente en la época de pleno verano e inicio de lluvia con valores que se encuentran entre 100 y 160 mm, alcanzando sus valores más altos en el mes de abril y para los meses junio y julio promediando los valores más bajos llegando a 78 mm (Castillo y Castillo, 2005).

2.3.6 Vegetación

Las propiedades de la vegetación están sujetas a varios puntos relevantes tales como: capa de vegetación, tipo de suelo, condiciones climáticas, hidrología, etc. De acuerdo a estos componentes se determinó la vegetación de sabana para el área de análisis, debido al alto contenido de sílice en el suelo, escasas capas de vegetación con presencia de especies vegetales típicas de gramíneas arbustivas, similares a matorrales y bosques de galería (C.V.G. TECMIN, 1991).

Las especies vegetales que predominan en el sector estudiado se separan en 2 tipos: vegetación de sabana con chaparro, caracterizada por cobertura de especies herbáceas (pastos) y arbustivas, que forman árboles que tienen un alcance promedio posible de 2 a 4 metros (Figura 2.3). En las áreas bajas, donde el nivel del agua llega a la zona, la vegetación está representada por palmeras tropicales (morighe), que crecen como individuos aislados o forman masas compactas con otras especies, en suelos permanentemente saturados y asociados a canales de drenaje, creando un ambiente forestal similar a una galería, que está separado de las especies vegetales circundantes, por áreas de suelo permeable con poca cobertura vegetal. La franja de vegetación adyacente es el contorno de los morichales, de unos 300 metros de ancho,

medidos en una proyección horizontal del límite del área de vegetación herbácea (siempre verde, propiedades del suelo permanentemente saturadas), que pertenece al morichal (Franzone y Medina, 1998).



Figura 2.3 Vegetación presente en el área de estudio (Quebrada Las Tinajitas).

2.3.7 Geomorfología

El estudio del perfil geomorfológico de la zona se basa en la descripción de las formas de relieve típico del área, las mismas son el resultado del origen, evolución e interacción de los materiales terrestres y su dinámica interna, además de, los procesos externos que actúan en el modelado de la superficie.

Ciudad Bolívar y sus adyacencias poseen un relieve particular, el cual se extiende hasta las cercanías de Puerto Ordaz y Ciudad Piar. Esta morfología es

producto del agente fluvial, el cual es uno de los factores modificadores del relieve a gran escala.

Geomorfológicamente el área de estudio está formada por paisajes con predominio de planicies, que se caracterizan por presentar una superficie plana, peniplanicies y lomeríos, estos últimos, comprenden múltiples variaciones que van desde lomeríos altos y muy escarpados hasta lomeríos bajos, que constituyen elevaciones estructurales por rocas precámbricas, las cuales presentan una cierta orientación estructural que domina en el área o el diaclasamiento que afecta algunas rocas (Figura 2.4) (C.V.G. TECMIN, 1991).

Las zonas elevadas o positivas pertenecen a estructuras del Complejo de Imataca. Estas zonas altas consisten en rocas metamórficas (Cuarцитas Ferruginosas) más resistentes a la meteorización, y las partes bajas son Gneises félsicos donde la meteorización es muy notoria.



Figura 2.4 Zona elevada o topográficamente positiva del sector Las Tinajitas.

2.3.8 Suelos

Existen una gran variedad de unidades taxonómicas que permiten dar una explicación clara y precisa de los tipos de suelos existentes en la región; entre los cuales se pueden nombrar los suelos de débil o moderada evolución (Alfisoles, Entisoles, Inceptisoles) y los suelos de evolución avanzada (Ultisoles) (Ochoa, G. 1983).

Los suelos Ultisoles representan el orden de mayor extensión en el área sujeta a estudio, se distribuyen en una amplia gama de paisajes que incluyen, lomeríos, peniplanicies, planicies y geológicamente se desarrollan a partir de rocas pertenecientes a la Provincia de Imataca, como también evolucionan de materiales deposicionales de edad reciente o antiguas, representadas estos últimos por la Formación Mesa (Figura 2.5).

En sentido general, son suelos superficiales a muy profundos (25 cm – 180 cm), los cuales muestran un cuadro de características físico – químicos y morfológicas que cambian de acuerdo a su distribución geográfica y posición en el paisaje.

Presentan un horizonte A, de espesores variables, comprendidos entre (15 cm – 50 cm), de colores marrón muy oscuros, marrón rojizo oscuro, rojo y marrón amarillento claro. Las texturas más comunes son arenosa, franca, franco arcillosa, franco arcillo-arenosa y arcillosa. Eventualmente ocurren estratos asociados con proporciones variables de fragmentos gruesos (5% - 60%), en particular con gravas, guijarros de Cuarzo y nódulos de hierro.

Los horizontes transicionales del tipo AB, tienen una profundidad de ocurrencia que oscila entre 5cm y 50cm de colores comúnmente marrón rojizo, marrón oscuro, marrón amarillento, con texturas normalmente franco arcillosa, franco arcilloarenosa,

mezcladas eventualmente con proporciones variable (5% - 10%) de fragmentos de gravas de Cuarzo y nódulos de hierro.



Figura 2.5 Suelos tipo Ultisoles que caracterizan al sector Las Tinajitas.

El horizonte A o AB, descansa sobre un horizonte B (Argílico o Kándico), de espesores variables (15 cm. – 145 cm), con colores en húmedo muy diversos, siendo los más comunes amarillo marronzco, amarillo, gris, rojo y marrón rojizo. Las texturas dominantes son arcillosa, franco arcillosa, y arcillo arenosa localmente mezcladas, con proporciones variables (5% - 60%) de gravas de Cuarzo y nódulos de hierro. Dichos suelos, presentan un avanzado estado de desarrollo pedogenético, resultado intensos procesos de intemperismo durante largos períodos de tiempo; actuando sobre superficies geomorfológicos de relativo alto grado de estabilidad y condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperatura), lo que ha condicionado la ocurrencia de horizontes (Argílico o Kándico) muy espesos y con fuerte lixiviación (C.V.G. TECMIN, 1991).

2.3.9 Fauna

La fauna típica está representada por el chigüire o capibara, el cocodrilo del Orinoco, el morrocoy, garzas, loros y cacatúas, las lapas, iguanas, conejos, serpientes, alacranes, cunagueros, onzas, cachicamos, lagartijas entre otros. Un alto porcentaje corresponde a especies fluviales como el delfín del Orinoco y peces: curbinata, el dorado, lau-lau, el morocoto, la palometa y la sapoara (C.V.G. – TECMIN, 1991).

2.3.10 Hidrografía

El río Orinoco se cuenta como el tercer río más caudaloso del mundo, y su cuenca es la unidad hidrográfica dominante en todo el territorio nacional, cubriendo una superficie aproximada de 1.100.000 km².

En la margen izquierda, el Orinoco recolecta las aguas de todos los ríos que drenan a través de los llanos occidentales, centrales y orientales, mientras que en la margen derecha recoge todos los ríos del Escudo Guayanés.

Hacia el Este de Ciudad Bolívar discurren los ríos Marhuanta, Candelaria, Guaimire y Currucay. Por el lado occidental afluyen los ríos Orocopiche, Marcela, Curiapo, Mapores y Tapaquire. Además, los ríos que discurren dentro de la población urbana por la parte occidental son el San Rafael, Buena Vista y Santa Bárbara (Américo Fernández, 2014).

La hidrografía de la zona es de tipo dendrítico controlado por el río Orinoco y sus tributarios (Río Marhuanta y quebrada Las Tinajitas).

2.3.11 Geología

El área de estudio se encuentra enmarcada en el Escudo de Guayana, el cual forma parte del Cratón Amazónico y del Oeste de África, ambos del Precámbrico, y que se continúa en las Guayanas y en la parte noroeste de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares (Mendoza, V. 2.000).

En Venezuela el Escudo de Guayana comprende los territorios de los estados Bolívar (239.250 Km²), Amazonas (178.895 Km²) y una parte al Sur del estado Delta Amacuro (6.855 Km²). Fisiográficamente se extiende aproximadamente por unos 425.000 Km², por lo que abarca casi el 50% del territorio Venezolano.

El límite norte del Escudo de Guayana en Venezuela lo representa el curso del río Orinoco que lo separa de la región de los llanos venezolanos; al Sur la frontera con Brasil; al Este el río Esequibo, frontera con Guyana, y al Oeste la frontera con Colombia formada por el curso del río Orinoco, entre las desembocaduras del río Meta y del Guaviare y parcialmente por el curso de los ríos Atabapo, Guainía y Negro hasta la población de San Simón de Cocuy (Herrera, J. 1998).

Cuatro provincias geológicas conforman el Escudo de Guayana en Venezuela, a saber: Imataca (cinturón granulítico), Pastora (cinturón de rocas verdes, CRV), Cuchivero-Amazonas (granitos de 1.800 m.a. ± 200 m.a. y granitos post-tectónicos de 1.500 m.a.) y Roraima (Cobertura sedimentaria discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora y Cuchivero). (Mendoza, 2.000; González de Juana et al., 1.980). Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas, metalogénicas, y edades.

Localmente, el área del estudio se centra en la Provincia Geológica de Imataca, caracterizándose básicamente por la presencia de dos tipos litológicos: sedimentos de la Formación Mesa y Gneises graníticos del Complejo de Imataca (Figura 2.6).

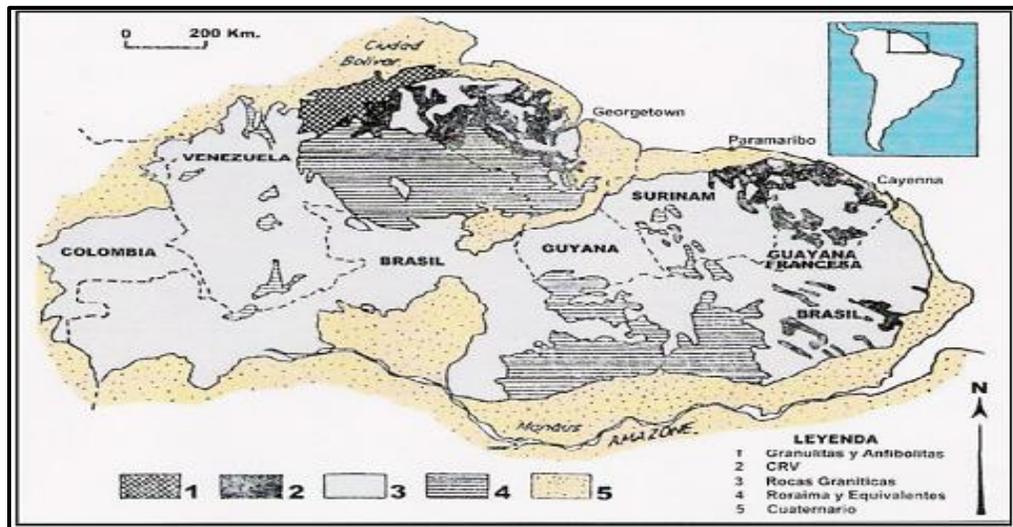


Figura 2.6 Mapa geológico mostrando la extensión del escudo de Guayana en el Norte de Suramérica (Modificada de Ledru y Milesi, 1.994 en Mendoza, 2000).

2.3.11.1 Provincia Geológica de Imataca

Ocupa una faja angosta que se extiende por unos 550 Km. De longitud en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste; y en dirección Noroeste-Sureste aflora por unos 80 Km. De ancho desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí (Menéndez, 1.968 citado en Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991; Mendoza, V. 2.000).

Asociaciones litológicas: En la Provincia de Imataca se observan un variado número de asociaciones litológicas que incluyen cinturones de rocas verdes,

migmatitas y granulitas (Cordani et al., 2.000 y Tassinari et al., 2.000 citados por Mendoza, 2.000), meta-sedimentos y Gneises graníticos e intrusiones de granitos posteriores (González de Juana et al., 1.980).

Esta asociación de rocas y la diversidad-complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se denomina Complejo de Imataca. En general, la provincia está formada litológicamente por Gneises, Anfibolitas, Itabiritas o Cuarcitas Ferruginosas y Granitos intrusivos; de arreglo estructural Complejo, pero preferentemente de orientación estructural N80°E. El grado de metamorfismo alcanzado es el de las granulitas piroxénicas.

En la Provincia de Imataca afloran el Complejo de Imataca, la Migmatita de la Ceiba e intrusivos jóvenes. Estas rocas se hallan intensamente plegadas, metamorfizadas regionalmente a la facies de la anfibolita y la granulita; contienen abundante Gneis granítico y se destacan especialmente por su contenido de hierro, Cuarcitas Ferruginosas, que son capas meta sedimentarias que han sufrido recristalización metamórfica considerable, y en algunos lugares están muy enriquecidas al punto de constituir menas de hierro de alto tenor.

El tipo litológico principal en el Complejo de Imataca es un paragneis feldespático blanco, gris a rosáceo, con tamaño de granos, textura y detalles mineralógicos variables. En muchos lugares donde contiene adiciones migmatíticas, la roca es de grano medio y de textura algo granítica, pero corrientemente presenta un alto contenido de biotita. La litología característica del Complejo de Imataca es Gneises félsicos y máficos intercalados con capas de Cuarcitas Ferruginosas, granulitas y cuerpos delgados interestratificados con rocas graníticas.

Contactos litológicos: El contacto inferior del Complejo se desconoce, sin embargo, algunos autores (Kalliskoski, 1.965-a, b y Menéndez, citados en PDVSA-

Intevep, 1.999-2.001) especulan con la posibilidad de que el Complejo formó parte del basamento de la secuencia supracortical de los cinturones de rocas verdes, tanto de la Provincia Geológica de Pastora como de Imataca, pero no existe evidencia de campo que soporte este hecho. El contacto superior de la provincia es discordante con la Formación Mesa y Sedimentos Recientes (PDVSA-Intevep, 1.997).

Edad: La edad del protolito de Imataca ha sido estimada en 3.500-3.600 m.a. (por Rb/Sr y U/Pb), y que puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo (Montgomery et al., 1.977 citado en PDVSA-Intevep, 1.997). Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas (PDVSA-Intevep, 1.997).

Evolución tectónica y petrogénesis: Se cree que al menos una parte del Complejo de Imataca está formada por seis o más dominios o fajas tectónicas que representan micro-continentes colisionados por deriva de unos contra otros con obducción, cuyos rasgos delimitadores son grandes fallas de corrimiento (Mendoza, V. 2.000). Estas fajas se conocen como La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, 1.975 citado por González de Juana et al., 1.980 y Mendoza, V. 2.000). Rodríguez (1.997 en Mendoza, op. Cit.), destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia económica en el aprovechamiento para uso ornamental e industrial.

Las rocas del Complejo de Imataca se extienden como una gran faja de rumbo NE, con una longitud entre 65 a 70 km; las alineaciones (fallas, ejes de pliegues, diaclasas, etc.), presentan una dirección preferencial NE y en menor grado NW.

2.3.11.2 Formación Mesa

La Formación Mesa abarca una extensión que comprende los estados Anzoátegui, Guárico, Monagas, parte del estado Sucre y la parte septentrional del estado Bolívar (Figura 2.7).

Esta formación está compuesta litológicamente por areniscas de grano grueso y grava con cemento ferruginoso cementada y suficientemente dura; capa lenticular de areniscas conglomeradas, blanco amarillentas, rojas y moradas con estratificación cruzada, también tiene un lente discontinuo de arcilla arenosa fina y lente de limolita.

No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular, se han mencionado las Mesas de Guanipa y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui), Tonoro y Santa Bárbara (Monagas) (P.D.V.S.A, 2002).

González de Juana et al. (1980), observó que la Formación Mesa se caracteriza por depósitos horizontales y sub-horizontales, fluvio – lacustrino, cuya naturaleza varia de un lugar a otro, los cuales se han derivado posiblemente, de un delta antiguo del río Orinoco que avanzaba hacia el este en la misma forma que se ve avanzar el delta actual. Los sedimentos sufren una gradación inversa de la región central de Monagas hacia el Macizo Guayanés.

El espesor de la Formación Mesa es muy variable pero, en términos generales, disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltáica y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltáicos. En la Mesa de Maturín, la Formación Mesa tiene un espesor máximo de 275 m, mientras que en el estado Bolívar rara vez llega a los 20 m, esta formación se considera de edad Plio – Pleistoceno (González de Juana et al., 1980).

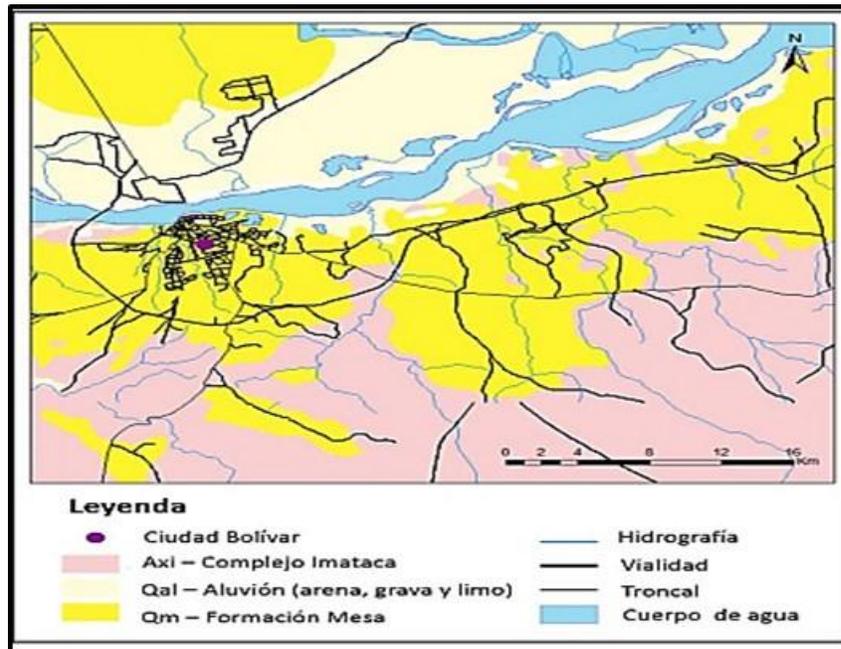


Figura 2.7 Mapa geológico a 1:25.000, año 1983. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, UCV y la Fundación Venezolana De Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Venezuela.

2.3.11.3 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos provienen de la descomposición de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa. Localmente estos sedimentos están constituidos por materiales como cantos, grava, arena, limo y arcilla provenientes de la meteorización física y química de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron arrastrados por las aguas de escorrentía, viento y ríos de la zona y depositados a partir del Holoceno hasta el presente.

Presentan diferentes espesores, que van de algunos metros hasta probablemente unas docenas de metros, generalmente sueltos y porosos, de colores amarillento o blanco y granulometría variable.

La mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos recientes está constituida por 70% de Cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios (Betancourt, O. 1.998).

Los sedimentos recientes localizados en el área a estudio están constituidos por arenas, limos y arcillas, productos de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca. Estos sedimentos son transportados por las aguas del río Marhuanta.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Dado que los antecedentes previos a esta investigación son muy escasos se consideran antecedentes de otras zonas a los fines de obtener información general y sobre la metodología a utilizar.

Campos D. y Ramírez C. (2022) en 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”, citan: 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. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

Ramírez L. y Brito M. (2022) en el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR” citan: en los afloramientos se identificaron las rocas como Gneis monzogranítico, que son de color blanco a gris oscuro, la textura es de grano fino a medio, con leve foliación. Los minerales principales son feldespatos, Cuarzo y plagioclasa, que se presenta con granulometría variada. De las 9 muestras de rocas se identificaron 4 como Gneis monzograníticos, 4 granitos (Sienogranitos) y 1 Gneis granítico con leve foliación. Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y subangulosas. El análisis petrográfico indicó que los Gneises monzograníticos, están compuesto con un ~35% de feldespato potásico, Cuarzo en ~33%, la plagioclasa ~25% probable tipo oligoclasa-andesina; el Granito (Sienogranito), con Cuarzo ~40, feldespato en un ~50 tipo pertita y microclino, la plagioclasa en ~10% con presencia de oligoclasa-andesina; el Gneis granítico, con un ~15 de feldespato potásico, tipo microclino y mesopertítico, Cuarzo en ~40% y plagioclasa, con un ~45%, tipo antipertita y tipo albita. En el Diagrama de Roseta, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimut entre 280°-310°, la cual es la predominante. Según el mapa geológico, se encuentran Sedimentos del

reciente cubren <1% del área, suelos residuales, más del 35% y rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 60%. Este trabajo se utilizará como referencia en cuanto a la metodología utilizada.

INFORME GEOAMBIENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR (2007). Presenta la publicación de Informes Geoambientales, los cuales constituyen una caracterización físico-natural y socio-económica realizada por entidad federal y por municipio, y que tienen como objetivo general, proporcionar una visión de conjunto de la Venezuela actual. Para la elaboración de los Informes Geoambientales se tomó información de instituciones nacionales, públicas y privadas y se analizó esa masa de información en las Gerencias Estadales de Estadísticas del INE, a fin de garantizar la calidad y oportunidad de la información. Esta publicación se utilizará para recopilar información sobre geología, hidrología, clima y vegetación, entre otros.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

La nomenclatura recomendada por la Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas (SSRM). Que es de la IUGS. En este sentido la SSRM recomienda el uso de solo tres nombres raíz: esquisto, Gneis y granoblastita (schist, Gneiss y grano fels). Al mismo tiempo recomienda el uso de cinco criterios para precisar la terminología (Castro, 2015).

Estos son:

1. La asociación mineral dominante,
2. La estructura de la roca.
3. El tipo de protolito.

4. Las condiciones de metamorfismo
5. la composición química de la roca.

Los dos primeros son los más relevantes en cuanto que son los más directamente observables en el estudio petrográfico preliminar de la roca, incluso en una descripción de campo sin ayuda del microscopio. Un hecho relevante es la implicación de connotaciones genéticas en la terminología usada para las rocas metamórficas. Por lo que es preciso agregar un sexto criterio a los antes mencionados: el grado metamórfico. Por ejemplo, el término esquisto está restringido para rocas de grado muy bajo a medio, De igual modo una roca de grado bajo compuesta por anfíbol y plagioclasa, no podría llamarse anfibolita sino esquisto anfibólico (Castro, 2015).

3.2.1.1 Clasificación basada en el protolito

El proceso metamórfico no siempre borra totalmente los rasgos texturales y microestructurales de la roca original, o protolito. En estos casos puede respetarse la terminología del protolito anteponiendo el prefijo meta al nombre ígneo o sedimentario. Las rocas que han sido afectadas por dos procesos metamórficos se dice que son polifásicas y que el metamorfismo es polifásico, pero no se les aplica el prefijo meta- en ningún caso. Es común en la literatura geológica el uso de términos como metagabro, metagranito, metadolerita, metabasalto metagrauvaca, entre otros.

El uso del prefijo meta, también se usa para hacer referencia a rocas metamórficas de formaciones geológicas bien estudiadas de las que se sabe su procedencia ígnea o sedimentaria.

Otra forma de hacer referencia al protolito en las clasificaciones es usar los prefijos orto para u orto para distinguir entre protolitos de procedencia ígnea o sedimentaria respectivamente Se aplican exclusivamente para Gneises y anfibolitas, ejemplos: orto para Gneis y anfibolitas: paragneis, ortogneis, paraanfibolita, ortoanfibolita (Castro, 2015).

3.2.1.2 Clasificación basada en criterios de composición, estructura y grado metamórfico

Estos tres criterios. Composición, mineralogía, estructura y grado de metamorfismo son esenciales para clasificar cualquier roca metamórfica. El problema que se presenta es que una misma roca puede ser denominada con varios nombres distintos según el criterio empleado. El tipo de estudio geológico y la finalidad de las denominaciones son, entre otros, los factores que condicionan el uso de uno u otro criterio. Por ejemplo, un esquisto derivado de un protolito sedimentario puede ser denominado como metagrauvaca según la composición del protolito, como esquisto de grado medio, según la paragénesis mineral o simplemente esquisto siguiendo el criterio estructural (Castro, 2015).

3.2.2 Diaclasas

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 (ígnea, metamórfica o sedimentaria) y suponen una evidencia clara de la rotura frágil del macizo rocoso en alguna etapa de su historia deformacional (Soriano G. (2013).

3.2.2.1 Tipos de diaclasas

Las diaclasas se pueden diferenciar por su conjunto, su apariencia en sets o grupos (W. Griem. 2020):

- a) No sistemáticas, son diaclasas sin una orientación preferida
- b) Diaclasas sistemáticas, marcan una orientación preferida.
- c) Ortogonales, son conjuntos de diaclasas con intersecciones de alrededor 90° .
- d) Diaclasas conjugadas, forman dos o más conjuntos que se cortan.

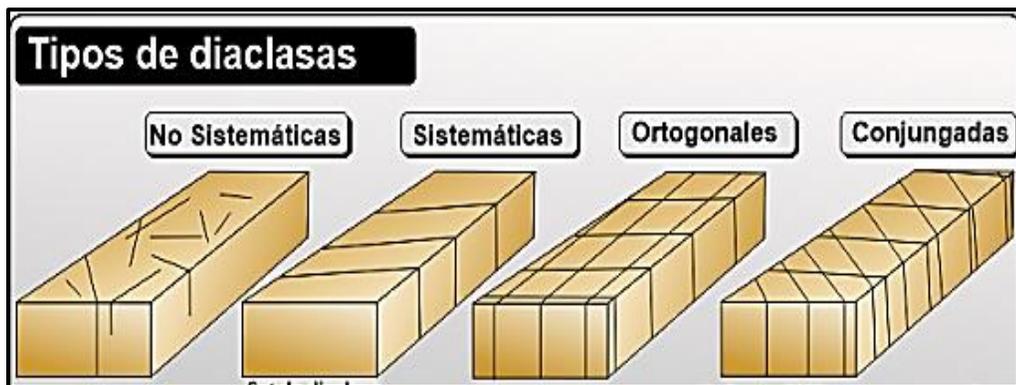


Figura 3.1 Tipos de diaclasas (W. Griem. 2020).

3.2.2.2 Diaclasa ortogonal

Las diaclasas ortogonales son el conjunto de familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de rocas y se intersectan formando ángulos de 90° , más o menos constantes, y geométrico (Macias, 2018).

3.2.2.3 Sistema de diaclasas

Se define como dos o más familias de diaclasas que se intersectan a un ángulo aproximadamente constante. Si son ortogonales, se habla de sistema ortogonal de diaclasas, si hacen un ángulo de 30° o 60° se habla de sistema conjugado de diaclasas (Chica, A., 1984).

3.2.2.4 Diaclasas no sistemáticas

Son menos planares que las sistemáticas, tienen una distribución espacial irregular (no presentan ningún patrón o éste es irregular), no son paralelas a otras diaclasas vecinas y pueden terminar contra otras diaclasas que las rodean (Pérez, T. 2011).

3.2.2.5 Diaclasas sistemáticas

Son aquellos grupos de diaclasas que son paralelas o subparalelas unas a otras y mantienen un espaciado aproximadamente regular entre ellas. No hay una regla que determine cuál es el espaciado mínimo o máximo para considerar sistemáticas a una serie de diaclasas, pero por lo general se admite que deben de estar lo suficientemente juntas como para poder ver varias de ellas en el mismo afloramiento (Pérez, T. 2011).

3.2.2.6 Diaclasas conjugadas

Son un de sistema de diaclasas que forman dos o más conjuntos que se cortan, produciendo un sistema de diaclasas de dos posiciones muy juntas en ángulo recto con una tercera, producidos por el mismo sistema de tensiones, al producirse eso se dice que son conjugadas (Pérez, T. 2011).

3.2.2.7 Diaclasas verticales

Son un grupo de diaclasas adyacentes con geometría semejante, por las relaciones espaciales que presentan entre las vecinas. Comúnmente tienen una orientación paralela entre sí (Pérez, T. 2011).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Metamorfismo

El metamorfismo, que significa «cambio de forma», es un proceso que provoca cambios en la mineralogía, la textura y, a menudo, la composición química de las rocas. El metamorfismo tiene lugar cuando las rocas se someten a un ambiente físico o químico significativamente diferente al de su formación inicial. Se trata de cambios de temperatura y presión (esfuerzo) y la introducción de fluidos químicamente activos. En respuesta a esas nuevas condiciones, las rocas cambian gradualmente hasta alcanzar un estado de equilibrio con el nuevo ambiente (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).



Figura 3.2 Factores que influyen en el metamorfismo (Gómez, E. 2013).

3.3.2 Tipos de rocas metamórficas

A partir de los criterios de tipo y grado de metamorfismo, texturas, estructuras, fábricas y composición de la roca original, se pueden clasificar las rocas metamórficas. Las más comunes son Gneis, anfibolita y cuarcita (Bard, P.J., 1985).

3.3.2.1 Gneis

Rocas Cuarzo feldespáticas de grano grueso a medio, con foliación menos marcada que en los esquistos debido a la menor proporción de filosilicatos (Esencialmente moscovita y/o biotita). Para definir una roca como Gneis debe contener más de un 20 % de feldespatos. Su origen es diverso, pudiendo derivar tanto de rocas ígneas (ortogneises) como sedimentarias (paragneises); algunos Gneises se producen en condiciones de alto grado por fusión parcial de esquistos u otros Gneises, denominándose Gneises migmatíticos (Bard, P.J., 1985).

3.3.2.2 Anfibolita

Rocas compuestas esencialmente por anfíboles (en general hornblenda) y Plagioclasas de composición variable. La esquistosidad no suele estar muy desarrollada, aunque los prismas de anfíbol suelen estar orientados linealmente (lo cual genera lineación). Proceden en su mayoría de rocas ígneas básicas (ortoanfibolitas) y margas (para anfibolita) (Bard, P.J., 1985).

3.3.2.3 Cuarcita

Roca de grano medio a fino, constituida esencialmente por Cuarzo (más del 80%) y algo de micas y/o feldespatos. Las Cuarcitas derivan de rocas sedimentarias Detríticas ricas en Cuarzo (areniscas cuarcíticas) con las que no deben confundirse.

Son rocas masivas o bandeadas, sin foliación marcada y textura granoblástica deformada o no (Bard, P.J., 1985).

3.3.3 Protolito

Se refiere a la roca original anterior al metamorfismo. En un metamorfismo de bajo grado donde la textura original es preservada, el protolito es fácilmente reconocible. Al aumentar el grado de metamorfismo y cambiar la textura, así como la composición química, es más difícil determinar el protolito (Méndez, J. 2006).

3.3.4 Textura metamórficas

El termino textura se utiliza para describir el tamaño, la forma y la distribución de las partículas que constituyen una roca. Las rocas metamórficas en general muestran alguna clase de orientación preferente en las que los granos minerales presentan un alineamiento paralelo a subparalelo (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1 Texturas foliadas

Existen varios tipos de foliación, dependiendo del grado de metamorfismo y de la mineralogía de la roca original. Consideraremos tres de ellos: pizarrosidad, esquistosidad y bandeado gnéisico (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1.1 Pizarrosidad (slaty cleavage)

El término pizarrosidad se refiere a las superficies planares muy juntas a lo largo de las cuales las rocas se separan en capas delgadas y tabulares cuando se las golpea con un martillo. La pizarrosidad aparece en varias rocas metamórficas pero se observa mejor en las pizarras que exhiben una propiedad de separación excelente, denominada clivaje (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1.2 Esquistosidad

Bajo regímenes de presión y temperatura más extremos, los pequeños granos de mica y clorita de las pizarras empiezan a crecer mucho. Cuando estos minerales planares crecen lo bastante como para poder observarse a simple vista y exhiben una estructura planar o laminar, se dice que la roca muestra un tipo de foliación llamada esquistosidad. Las rocas con esta textura se denominan esquistos. Además de, los minerales planares, el esquisto suele contener partículas deformadas de Cuarzo y feldespato que aparecen como granos planos o en forma de lente escondidos entre los granos de mica (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1.3 Bandeado gnéísico

Durante el metamorfismo de grado alto, las migraciones iónicas pueden provocar la segregación de los minerales, como se muestra en la Figura 8.7, inferior derecha. Obsérvese que los cristales oscuros de biotita y los silicatos claros (Cuarzo y feldespato) están separados, dando a la roca un aspecto bandeado, conocido como bandeado gnéísico o foliación. Las rocas metamórficas con este tipo de texturas se denominan Gneises. Aunque son foliados, los Gneises no se separarán en planos con tanta facilidad como las pizarras y algunos esquistos. Los Gneises que sí se lajan

tienden a romperse en una dirección paralela a su foliación y muestran superficies ricas en mica parecidas al esquisto (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1.4 Otras texturas metamórficas

No todas las rocas metamórficas tienen texturas foliadas. Las que no tienen se denominan no foliadas. Las rocas metamórficas no foliadas se desarrollan en general en ambientes donde la deformación es mínima y los protolitos están compuestos por minerales que presentan cristales equidimensionales, como el Cuarzo o la calcita. Por ejemplo, cuando una caliza de grano fino (formada por calcita) se metamorfiza por la intrusión de una masa magmática caliente, los pequeños granos de calcita recrystalizan y forman cristales entrelazados más grandes. La roca resultante, el mármol, presenta unos granos grandes y equidimensionales, orientados aleatoriamente, parecidos a los de las rocas ígneas de grano grueso.

Otra textura común en las rocas metamórficas son unos granos especialmente grandes, llamados porfidoblastos, rodeados por una matriz de grano fino de otros minerales (Tarbuck, Lutgens.2005).

3.3.4.1.5 Las texturas porfidoblásticas

Se desarrollan en una gran variedad de tipos de rocas y de ambientes metamórficos cuando los minerales del protolito recrystalizan y forman nuevos minerales. Durante la recrystalización algunos minerales metamórficos, como el granate, la estauroлита y la andalucita, desarrollan invariablemente una pequeña cantidad de cristales muy grandes. Por el contrario, minerales como la moscovita, la biotita y el Cuarzo suelen formar una gran cantidad de granos muy pequeños. Por consiguiente, cuando el metamorfismo genera los minerales granate, biotita y moscovita en el mismo ambiente, la roca contendrá cristales grandes (porfidoblastos)

de granates embebidos en una matriz de grano fino compuesta de biotita y moscovita (Figura 3.3) (Tarbuck, Lutgens.2005).

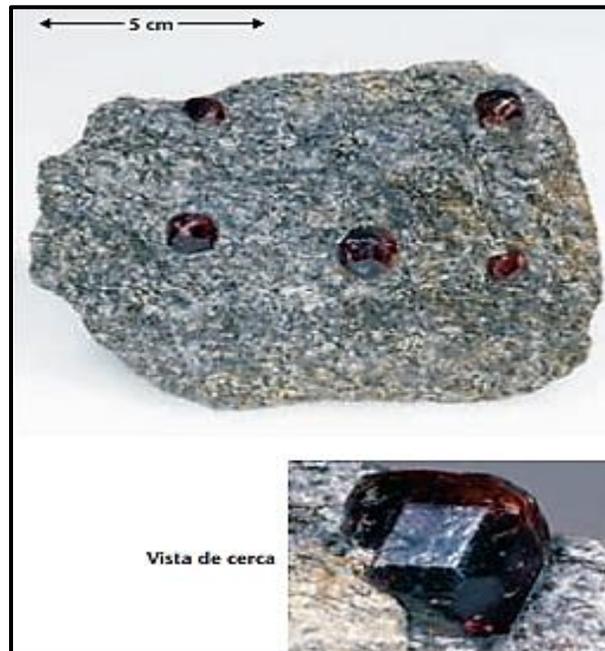


Figura 3.3 Micaesquisto granatífero. Los cristales rojo oscuro del granate (porfidoblastos) están incrustados en una matriz clara de micas de grano fino. (Tarbuck E. J.).

3.3.5 Tipos de metamorfismo

3.3.5.1 Metamorfismo de contacto

El metamorfismo térmico o de contacto se produce como consecuencia del aumento de la temperatura cuando un magma invade una roca caja. En este caso se forma una zona de alteración denominada aureola (aureolus = halo dorado) en la roca que rodea el cuerpo magmático (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3.5.2 Metamorfismo hidrotermal

Una alteración química llamada metamorfismo hidrotermal ocurre cuando los fluidos calientes, ricos en iones circulan a través de las fisuras y las fracturas que se desarrollan en la roca. Este tipo de metamorfismo está estrechamente relacionado con la actividad ígnea, ya que proporciona el calor necesario para hacer circular estas soluciones ricas en iones. Por tanto, el metamorfismo hidrotermal suele producirse en regiones en las que hay grandes plutones (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3.5.3 Metamorfismo regional

La mayoría de rocas metamórficas se forman durante el metamorfismo regional asociado con la formación de montañas. Durante esos acontecimientos dinámicos, se deforman intensamente grandes segmentos de la corteza terrestre a lo largo de los bordes de placa convergentes. Esta actividad suele tener lugar cuando la litosfera oceánica es subducida y produce arcos insulares o arcos volcánicos continentales y durante las colisiones continentales (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3.5.4 Metamorfismo de enterramiento

Se produce en asociación con acumulaciones muy gruesas de estratos sedimentarios en una cuenca subsidente. Aquí, se pueden alcanzar las condiciones metamórficas de grado bajo en las capas inferiores. La presión de confinamiento y el calor geotérmico provocan la recristalización de los minerales y modifican la textura o la mineralogía de la roca sin deformación apreciable (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3.5.5 Metamorfismo dinámico

Cerca de la superficie, las rocas se comportan como un sólido frágil. Por consiguiente, el movimiento a lo largo de una zona de falla fractura y pulveriza las rocas. El resultado es una roca poco consistente denominada brecha de falla que está compuesta por fragmentos de roca rotos y aplastados (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3.5.6 Metamorfismo de impacto

El metamorfismo de impacto (o de choque) se produce cuando unos proyectiles de gran velocidad llamados meteoritos (fragmentos de cometas o asteroides) golpean la superficie terrestre. Tras el impacto, la energía cinética del meteorito se transforma en energía térmica y ondas de choque que atraviesan las rocas de alrededor. El resultado es una roca pulverizada, fracturada y a veces fundida (Figura 3.4) (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

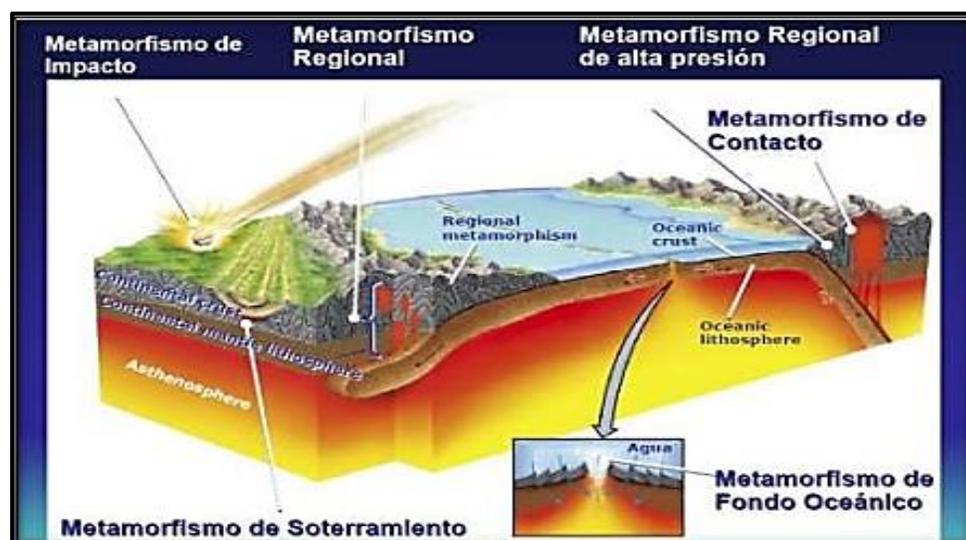


Figura 3.4 Tipos de metamorfismo (Moranco, P. 2013).

3.3.6 Meteorización

Desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o en un lugar próximo a ella (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2010).

3.3.7 Erosión

Incorporación y transporte de material por un agente dinámico, como el agua, el viento y el hielo (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2010).

3.3.8 Rumbo

Línea resultante de la intersección de un plano horizontal ideal y un plano geológico inclinado. Dicha línea de intersección pertenecerá, por tanto, a los dos planos y su orientación se dará por el ángulo horizontal que forma respecto del norte geográfico. Obviamente, un plano horizontal no tiene dirección de capa (Delgado, 2010).

3.3.9 Buzamiento real

Es el ángulo que forma respecto de la horizontal un plano geológico, medido éste en una dirección estrictamente perpendicular a la dirección de capa del mismo plano. Es el ángulo de inclinación máximo que presenta ese plano. Si la dirección en la que se mide el plano no es perpendicular al rumbo de la capa, obtendremos un ángulo de buzamiento menor, al cual denominaremos buzamiento aparente. Sus valores van de 0 (plano horizontal) a 90° (plano vertical) (Delgado y otros, 2010).

3.3.10 Foliación

Es la persistente estructura planar de las rocas metamórficas derivadas de la alineación paralela de las hojas de minerales como las micas, así como los granos y las capas minerales en escala muy fina. La mayor parte de la foliación es causada por la orientación de los filosilicatos como minerales de arcilla, micas y clorita (Méndez, J. 2006).

3.3.11 Falla geológica

Son fracturas en la corteza a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable (Tarbuck, E. Lutgens, F., 2005).

3.3.12 Falla geológica normal

Las fallas con desplazamiento vertical se clasifican como falla normal cuando el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro. La mayoría de las fallas normales tienen buzamientos de unos 60° , que tienden a disminuir con la profundidad (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005).

3.3.13 Falla geológica inversa y cabalgamientos

Son fallas con desplazamiento vertical en las cuales el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro. Recordemos que las fallas inversas tienen buzamientos superiores a 45° y que los cabalgamientos tienen buzamientos inferiores a 45° (Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2005).

3.3.14 Sills

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

3.3.15 Diques

Son extensiones tabulares verticales o fuertemente inclinadas que atraviesan las rocas encajantes (Mattauer, Maurice, 1973).

3.3.16 Afloramiento rocoso

Un afloramiento o afloramiento rocoso es una exposición visible de roca madre o de depósitos superficiales antiguos en la superficie de la Tierra. Los afloramientos no cubren la mayoría de la superficie terrestre de la Tierra porque en la mayoría de los lugares la roca madre o los depósitos superficiales están cubiertos por un manto de suelo y de vegetación y no se pueden ver ni examinar de cerca. Sin embargo, en lugares donde la cubierta suprayacente se elimina a través de la erosión o por levantamiento tectónico, la roca puede quedar expuesta o recortada. Tal exposición ocurrirá con mayor frecuencia en áreas donde la erosión es rápida y excede la tasa de intemperismo o meteorización, como en las laderas empinadas, las crestas y cimas de montañas, las riberas de ríos y las áreas tectónicamente activas. La roca madre y los depósitos superficiales también pueden quedar expuestos en la superficie de la Tierra debido a las excavaciones humanas como a la extracción y a la construcción de las rutas de transporte (González, I. y Ferrer, M. 2002).

3.3.17 Mapa geológico

Es un mapa topográfico sobre el que se han dibujado diversos símbolos que indican: tipos de rocas de la superficie terrestre, tipo de contacto entre ellas, Estructuras geológicas y Elementos geomorfológicos. Los mapas geológicos son mapas de afloramientos rocosos (González, E. 2006).

3.3.18 Diagrama de Rosas

Se define como un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manto o la dirección de inclinación. En conclusión se puede describir este diagrama como un histograma de forma redondo. Significa los rangos de rumbo se ubican al margen del círculo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj (Bustos D., 2015).

3.3.19 Arcilla

El término arcilla puede hacer referencia al tamaño de grano o a la composición del sedimento. Por un lado, arcilla es un sedimento compuesto por granos de un tamaño de menos de 4 micras (o sea, menos de 4 milésimas de milímetro). Para hacerse una idea, los granos no se notan ni al tacto ni con la boca. Por otro lado, también se llama arcilla a los minerales del grupo de los silicatos con estructura en hojas (filosilicatos) y tamaño de grano muy pequeño (décimas a milésimas de milímetro). Son ejemplos la caolinita, la esmectita, la sepiolita. Hay que utilizar el término con cuidado, porque no todos los minerales del grupo de la arcilla son de

tamaño arcilla, ni todos los minerales de tamaño arcilla son del grupo de las arcillas (Wilson G., 1978).

3.3.20 Arena

Sedimento compuesto por granos sueltos no cementados de un tamaño entre limo y grava, es decir, entre 0,065 y 2 milímetros (Wilson G., 1978).

3.3.21 Arenisca

Roca sedimentaria detrítica compuesta por granos de tamaño arena unidos por una matriz y/o cemento de grano más fino (Wilson G., 1978).

3.3.22 Limo

El limo es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo debe encontrarse entre 0,0039 mm y 0,0625 mm (Wilson G., 1978).

3.3.23 Grava

Sedimento compuesto por granos y cantos de un tamaño mayor de 2 milímetros (Wilson G., 1978).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

En esta etapa se presentaran los métodos que se utilizarán para recopilar los datos que permitirán cumplir con los objetivos de esta investigación. Por lo que se describirá el tipo y diseño de la investigación, así como también las técnicas a utilizar para tomar las muestras.

La elección del tipo de investigación determinará los pasos que se deben seguir, las técnicas y métodos que se puedan emplear. Generalmente hablando determina el enfoque de todo el estudio, influyendo en instrumentos, y hasta en la manera de cómo se analizan los datos recaudados. Así, el punto de los tipos de investigación en una investigación va a constituir un paso importante en la metodología, pues este va a determinar el enfoque del mismo. Este puede dividirse en dos tipos principales de campo o de laboratorio. Que a su vez puede clasificarse en cuatro tipos principales:

1. Estudios exploratorios: también conocido como estudio piloto, son aquellos que se investigan por primera vez o son estudios muy pocos investigados. También se emplean para identificar una problemática.
2. Estudios descriptivos: describen los hechos como son observados.
3. Estudios correlacionales: estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes, ósea se estudia la correlación entre dos variables.

4. Estudios explicativos: este tipo de estudio busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones de causa-efecto (Hernández, Fernández y Baptista. 2003).

El proyecto incluye estudios exploratorios y descriptivos. Es exploratorio, debido a que gran parte del estudio, se desarrolla mediante una exploración geológica en campo, del área de interés. Mientras que es descriptiva, ya que se busca caracterizar y describir los diferentes afloramientos geológicos y estructuras geológicas presentes en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela.

4.2 Diseño de la investigación

Kerlinger (2002) sostiene que generalmente se llama diseño de investigación al plan y a la estructura de un estudio. “Es el plan y estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas de un estudio”. En ese sentido, el diseño de investigación señala la forma de conceptualizar un problema de investigación y la manera de colocarlo dentro de una estructura que sea guía para la experimentación (en el caso de los diseños experimentales) y de recopilación y análisis de datos.

Arias, F. (2012) describe la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna”, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.

Basado en lo anterior el diseño de investigación utilizado para este trabajo de investigación será de campo, debido a que la recolección de datos se hará directamente en el campo (área de estudio).

4.3 Población de la investigación

Arias, F. (2012) “la población es el conjunto finito o infinito de unidades de análisis, individuos objetos o elementos que se someten a estudio; pertenecen a la investigación y son la base fundamental para obtener la información.”

En la presente investigación se considerará como población todos los afloramientos y estructuras geológicas encontradas en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra en el proceso cualitativo es un grupo de personas, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se habrán de recolectar los datos, sin que necesariamente sea representativo del universo o población que se estudia (Hernández, 2008).

Para este trabajo de grado, se utilizarán como muestras, diversas rocas que representan toda la extensión rocosa del área de estudio. Estas muestras serán extraídas mediante instrumentos como mandarina y piqueta, además se utilizará un GPS (sistema de posicionamiento global), para establecer las coordenadas UTM de los puntos donde se tome cada muestra. Se recolectarán aproximadamente ocho (8) fragmentos de rocas extraídas de los afloramientos del área de estudio; las cuales se utilizarán para un análisis macroscópico.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2006), “Son las distintas maneras, formas o procedimientos utilizados por el investigador para recopilar u obtener los datos o la información que requiere. Constituyen el camino hacia el logro de los objetivos planteados para resolver el problema que se investiga”.

4.5.1 Técnicas de recolección de datos

Se entenderá por técnica de investigación, al procedimiento o forma particular de obtener datos o 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. (Arias, F. 2012).

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

Para Arias, F. (2012), la observación directa “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”.

En la presente investigación las técnicas de recolección se realizarán por observación directa, ya que se obtendrán datos directamente en campo.

El análisis documental se implementará mediante la obtención de información de diversas fuentes (tesis, hojas cartográficas, mapas, manuales, textos, entre otros) con la objeto de encontrar información relevante que pueda facilitar el desarrollo de la investigación.

4.5.2 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”.

Los instrumentos de recolección de datos a utilizar serán: GPS (Sistema de posicionamiento global), brújula, cinta métrica, mandarría, piqueta, bolsas para guardar muestras, cinta adhesiva, libreta de campo, lápiz, marcadores indelebles y hojas blancas.



Figura 4.1 Principales equipos utilizados en la recolección de datos.

4.6 Flujoograma de la investigación

En la figura 4.2 se observa el flujoograma de la metodología de trabajo, el cual establece cada uno de los pasos que se han tomado para la realización de este trabajo de investigación, desde la selección del área de estudio, hasta la redacción del informe final.

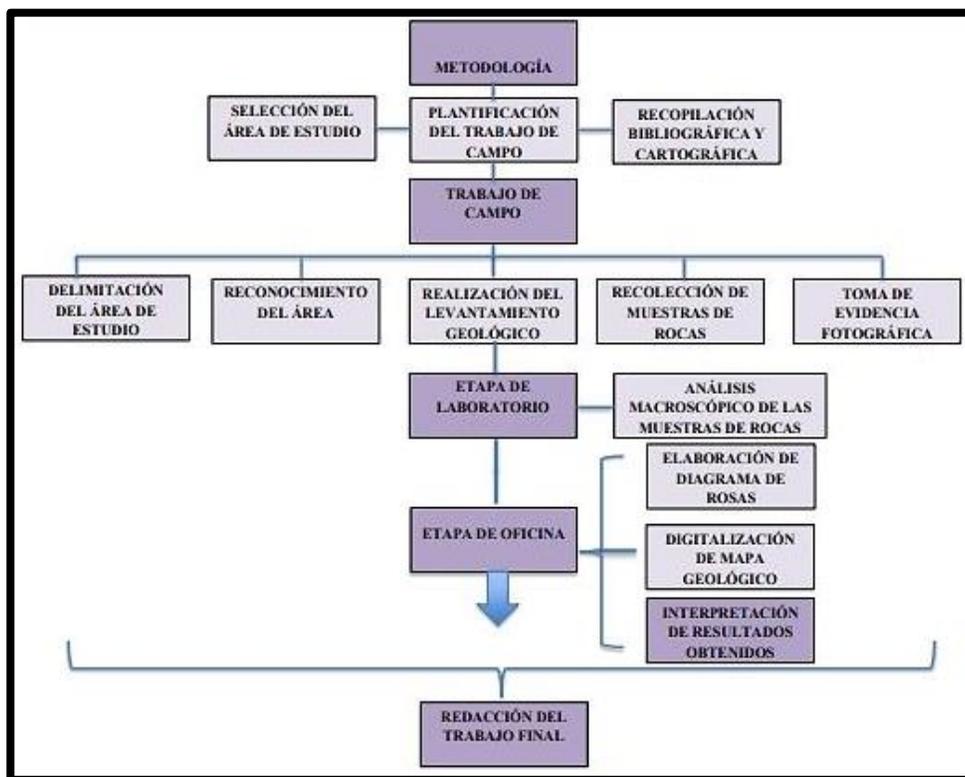


Figura 4.2 Flujoograma de la metodología.

La primera fase de la investigación es netamente documental, puesto que ha sido un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales, electrónicas. Como en toda

investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (Arias, F. 1999).

La segunda fase (trabajo de campo) pasa a ser una investigación de campo, la cual consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental (Arias, 1999).

La tercera fase (etapa de laboratorio) corresponde a los análisis macroscópicos de las muestras de rocas. Se recolectaron 8 muestras representativas de los afloramientos, de las cuales se seleccionaran 6 para el análisis macroscópico. Luego, con la ayuda de una lupa se realizara la observación con el fin de obtener un aproximado de los minerales que presentan las muestras para finalmente describirlas y clasificarlas.

Asimismo se llevara a cabo el procesamiento de los datos, para realizar la digitalización del mapa geológico, con los diferentes tipos de rocas, estructuras y los tipos de contactos entre ellas; Lo cual corresponde a la etapa de oficina.

Posterior a ello se procederá a la integración de resultados, discusión y redacción del informe final.

A continuación se describen en detalles las diferentes actividades que desarrolladas en cada una de las etapas de la investigación.

4.6.1 Selección del área de estudio

Para la realización de este trabajo de grado, se seleccionó el sector Las Tinajitas, con la finalidad de ampliar la información geológica del área, mediante el análisis macroscópico de las muestras de rocas obtenidas del afloramiento, así como la realización de un mapa geológico de la zona.

4.6.2 Planificación del trabajo de campo

En esta fase se coordina la metodología a emplear en el trabajo de campo, desde la salida a la zona, los instrumentos que se utilizarán, así como las técnicas a emplear para llevar a cabo la toma de muestras de roca y el levantamiento geológico de una manera eficiente.

4.6.3 Recopilación bibliográfica y cartográfica

En el desarrollo de la investigación se citaron diversas fuentes bibliográficas, que guardan relación con el tema de estudio. Además, se contó con información disponible en internet, con la finalidad de utilizarla para la realización del marco teórico. Así como también, información cartográfica extraída de la Hoja Cartográfica Nacional “Ciudad Bolívar 7440 edición 1-DCN (1971)” escala 1:100.000 producida por la dirección de Cartografía Nacional (Figura 4.3); imágenes satelitales de Google Earth, del área de estudio, que sirvieron de base para la realización de este proyecto.

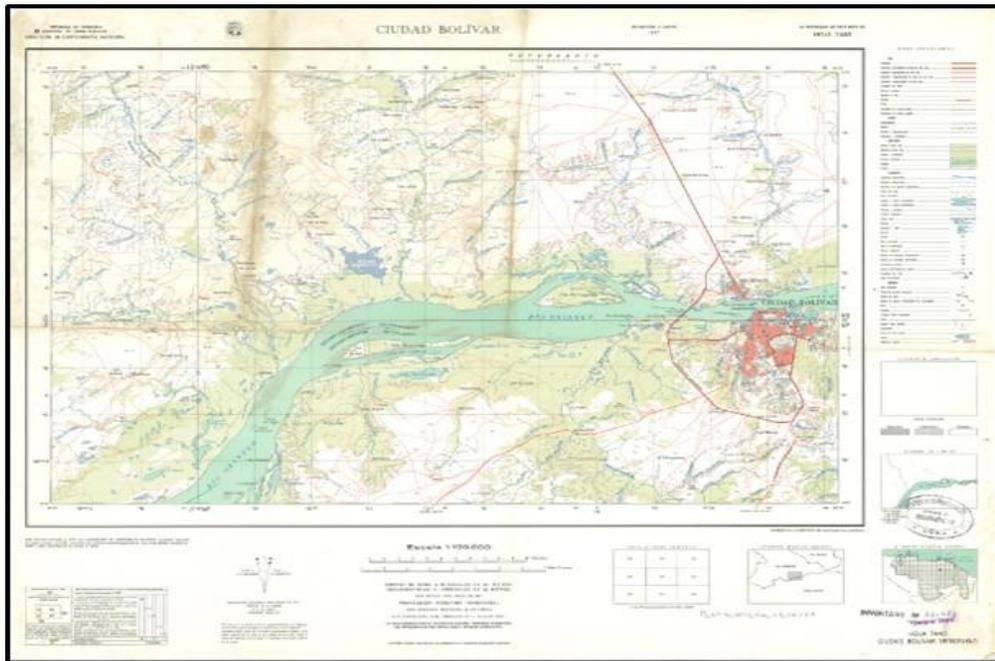


Figura 4.3 Hoja cartográfica de Ciudad Bolívar edición (7440) 1-DCN (1971).

4.6.4 Trabajo de campo

Durante la exploración de campo se efectuó la descripción de los afloramientos rocosos, se identificaron estructuras en el lugar tales como diaclasas, foliación y diques de Cuarzo al cual se le realizó las mediciones correspondientes; mediante el uso de una brújula y con la ayuda del GPS se tomaron coordenadas en diferentes puntos del área de estudio.

Por otra parte, se extrajeron muestras representativas de 8 puntos diferentes de los afloramientos, con la ayuda de una mandarría para obtenerlas frescas, para su posterior caracterización macroscópica. Además, se tomaron evidencias fotográficas en cada estación.

4.6.4.1 Delimitación del área de estudio

Una vez ubicados en la zona Las Tinajitas, se buscaron los afloramientos rocosos, con condiciones favorables, tales como, ser suficientemente extensos y que no se encuentren muy alterados. Posteriormente, se tomaron puntos específicos alrededor del área de estudio para delimitar de la zona de interés, utilizando un GPS (Global Positioning System) referenciado con el sistema de coordenadas U.TM.

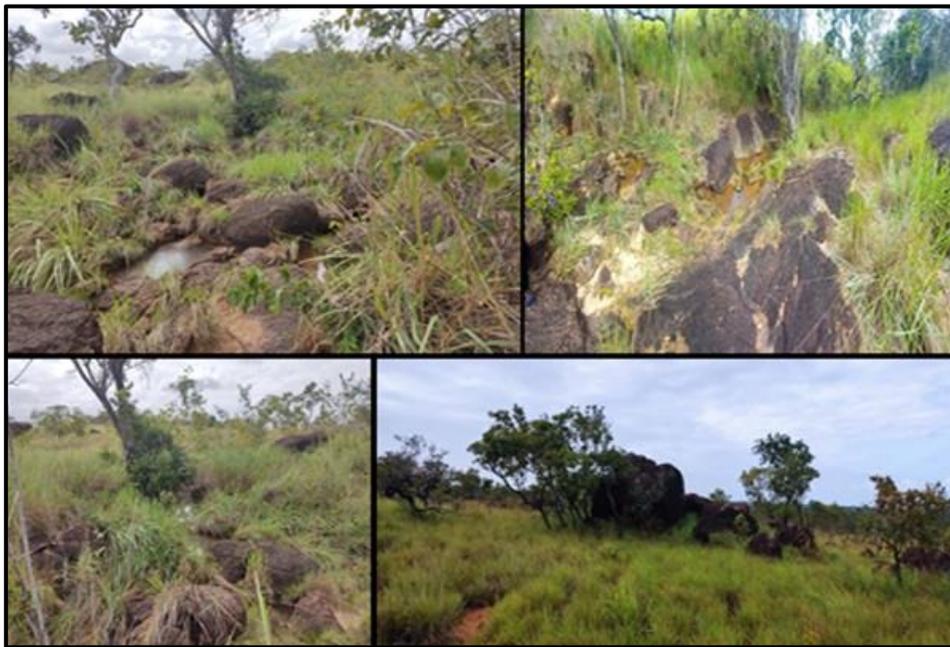


Figura 4.4 Afloramientos rocosos del área de estudio.

4.6.4.2 Reconocimiento y medición de estructuras geológicas

El reconocimiento del área de estudio se llevó a cabo mediante una caminata por toda la zona de estudio, observando con atención las distintas características geológicas y naturales más resaltantes, como las rocas con sus estructuras, la vegetación, el suelo.

Luego se ubicaron puntos representativos del área de estudio, donde predominan las rocas expuestas y se puede apreciar las estructuras geológicas contenidas, tales como diaclasas, foliaciones y fallas de rumbo, donde se determinaron sus rumbos y buzamientos, utilizando una brújula.



Figura 4.5 Medición de rumbo de diaclasa.



Figura 4.6 Medida de las dimensiones de los afloramientos utilizando cinta métrica.

4.6.4.3 Recolección de muestras de rocas

En cada afloramiento levantado de la zona de estudio, fueron extraídas muestras de roca fresca, utilizando una mandarina de 3 Kg (Figura 4.7), de las cuales se anotaron sus características, entre ellas la textura, color y clasificación petrográfica de forma macroscópica. Se recolectaron en total ocho (8) muestras, las cuales fueron identificadas, de acuerdo a la estación y el número de la muestra por estación, utilizando tirro y marcador (Figura 4.8).



Figura 4.7 Muestras de rocas extraídas.

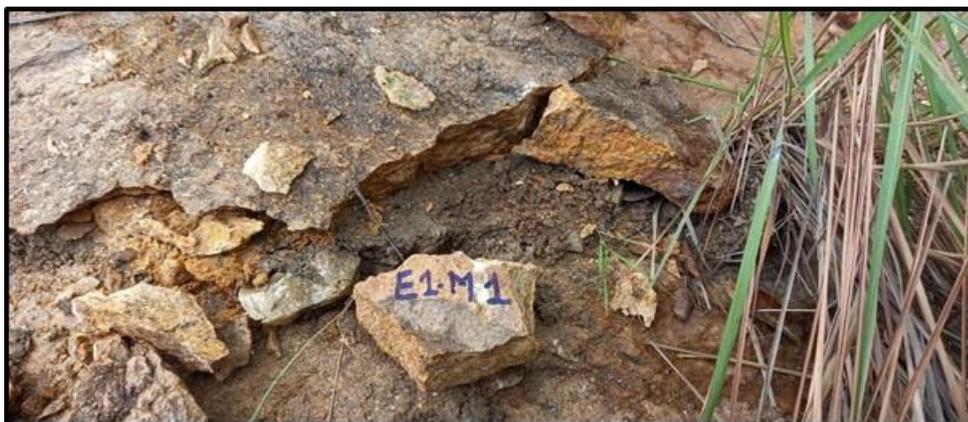


Figura 4.8 Muestra extraída con sus coordenadas U.TM.

4.6.4.4 Toma de fotografías

Durante todo el proceso del trabajo de campo, se tomaron fotografías, se llevó con la finalidad de mostrar las características geológicas de la zona de estudio, de las estructuras y las muestras recolectadas, que permitió tener un registro visual, y que posteriormente fueron analizadas y utilizadas en el informe final.

Las fotografías sobre las distintas litologías, estructuras geológicas y otras características relevantes, se realizaron colocando un objeto de color distinto y previamente medido, con el objetivo de hacer un contraste para tener una idea de la escala y el color real de lo representado en las imágenes (Figura 4.9).



Figura 4.9 Foliación observada en la roca.

4.6.5 Análisis macroscópico de las muestras de rocas

Se seleccionaron las muestras de rocas más frescas, para realizar la descripción de mano, lo cual permitió identificar y describir los minerales presentes para determinar un porcentaje aproximado de ellos y finalmente clasificarlas de acuerdo las características que presentaron.

4.6.6 Elaboración del diagrama de rosas

Con los datos de rumbos obtenidos en campo sobre las estructuras geológicas se elaboró un diagrama de rosa utilizando el programa Rozeta 2.0. Primeramente, convirtiendo los datos obtenidos en campo sobre las estructuras geológicas de rumbo a azimut para poder ingresarlos a la data del software y así obtener el diagrama, para posteriormente, observar y analizar la dirección de los esfuerzos que originaron las estructuras (Figura 4.10).

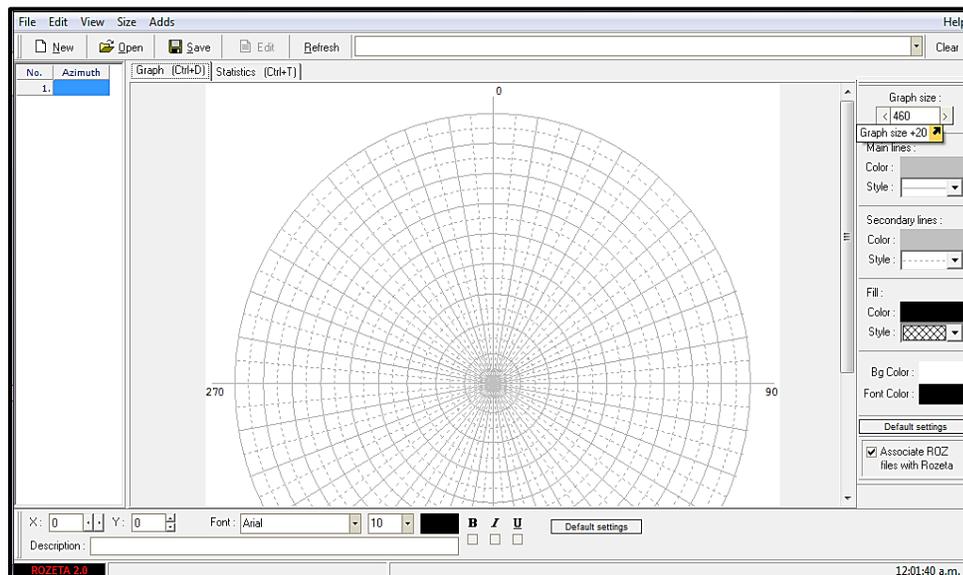


Figura 4.10 Programa Rozeta 2.0.

4.6.7 Digitalización del mapa geológico

Para la digitalización del mapa, se tomó como base, la imagen satelital del área de estudio obtenida por medio de Google Earth, a su vez, se delimitó el área con los datos obtenidos a partir del levantamiento geológico realizado en campo, con los instrumentos: GPS, brújula y cinta métrica; dando como resultado, una imagen aérea de la zona estudiada.

De esta manera, se procedió a llevar esta información al programa Global Mapper 20, donde se pudo obtener una imagen ASTER (Apéndice B1) de la zona para generar las curvas de nivel (Apéndice A1); luego se cargó una retícula con la ayuda de la aplicación para generar el sistema de coordenadas Norte, Este, respectivamente.

Posteriormente, se procedió a exportar la imagen de lo previamente trabajado al programa Microsoft PowerPoint 2010 para delimitar las distintas características físicas y naturales de la zona, como son: las rocas expuestas, los Sedimentos Recientes y los cuerpos de agua de la manera más precisa y realista posible, tomando en consideración la forma y extensión de los afloramientos, visualizados en las diferentes estaciones de trabajo.

De igual manera, se utilizó un color específico para cada rasgo geológico: lavanda y purpura para las rocas metamórficas Gneises y Cuarzitas, amarillo para la Formación Mesa, café oscuro para los Sedimentos del Reciente y para los cuerpos de agua, el color azul.

Finalmente fueron colocadas las estructuras geológicas y las demás simbologías necesarias para la comprensión del mapa geológico.

4.6.8 Análisis e interpretación de los resultados

En esta etapa se analizaron los datos obtenidos en campo, para realizar una descripción de las características físico-naturales del área; además se realizó la interpretación de los resultados arrojados en la investigación.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción de las unidades geológicas del área de estudio

Las unidades geológicas más abundantes que se encuentran en el área de estudio, se caracterizan por ser rocas metamórficas, parcialmente fracturadas, y meteorizadas por los distintos agentes atmosféricos. Mientras que dispersos y en algunas partes, cubriendo las rocas, se encuentran Sedimentos del Reciente, suprayacentes y en forma discordante como gravas, arenas, limos y arcillas.

5.1.1 Rocas metamórficas del Complejo de Imataca

Esta unidad conforma el 60% del área de estudio, se encuentra como afloramientos al NE, NW y SW de la zona, separados por Sedimentos Recientes. En cada afloramiento se estableció una estación de trabajo ubicadas con las coordenadas U.T.M (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Coordenadas de las estaciones.

ESTACIÓN	COORDENADAS U.T.M REGVEN (WG884) HUSO 20	
	NORTE	ESTE
E1	892968	450725
E2	892732	450731
E3	892747	450713
E4	892716	456714
E5	892746	892746
E6	892756	450701
E7	892720	450704
E8	892761	450498

Las rocas del Complejo de Imataca, presentes en el sector de la quebrada Las Tinajitas, son Gneises de color gris claro, meteorizados caracterizados por colores amarillentos, con tonos negros y bandas no muy definidas debido a la meteorización, con tamaño de grano fino a medio; además de, afloramientos de Cuarzitas Ferruginosas del Complejo de Imataca al NW y SW de la zona, así como también zonas con abundantes bloques y fragmentos de Cuarzos producto de la meteorización de diques y sills intrusionados en las rocas (Figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6).



Figura 5.1 Afloramientos de rocas metamórficas del Complejo de Imataca.



Figura 5.2 Afloramiento de Gneis del Complejo de Imataca.



Figura 5.3 Rocas meteorizadas con intrusivos de Cuarzo del Complejo de Imataca.



Figura 5.4 Lomas de Cuarcitas Ferruginosas, sector quebrada Las Tinajitas.



Figura 5.5 Cuarcitas Ferruginosas del Complejo de Imataca.



Figura 5.6 Bloques y fragmentos de Cuarzo disgregados por meteorización de las rocas del Complejo Imataca.

5.1.2 Formación Mesa

La Formación Mesa se encuentra suprayacente a las rocas del Complejo de Imataca alrededor de toda el área de estudio.

Está conformada por arenas gravosas arcillosas de colores amarillos con tonalidades rojizas y arcillas grises en contacto discordante con rocas meteorizadas del Complejo Imataca.

5.1.3 Sedimentos del Reciente

Los Sedimentos del Reciente, constituyen el 40% de la zona de estudio, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas, estos últimos de colores gris claro; y se encuentran ubicados a lo largo y ancho de la quebrada Las Tinajitas.

Al noroeste, se encuentran arenas depositadas de grano fino a medio, de color marrón grisáceo y en algunos casos formando terrazas (Figura 5.7). Mientras que al sureste y suroeste, se encuentran algunas gravas y en general arenas de color marrón claro a grisáceo, de granos medio a fino bordeando la quebrada Las Tinajitas.

Los Sedimentos Recientes, son el resultado de las acumulaciones anuales asociados a las crecidas de la quebrada Las Tinajitas, en tiempos de lluvia anuales, de igual manera, son producto de la meteorización física y química de las unidades rocosas más antiguas.



Figura 5.7 Sedimentos arenosos con estratificación cruzada del Reciente depositados bordeando la quebrada Las Tinajitas.

5.2 Clasificación petrográfica de las rocas de acuerdo a sus características macroscópicas

En el apéndice A se presentaran fichas con descripciones a detalle de las muestras recolectadas en la zona de estudio.

A continuación se presenta en la Tabla 5.2 la clasificación macroscópica de las muestras de las rocas recolectadas en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas y en la Figura 5.8 un resumen de la clasificación macroscópica de las muestras de rocas.

Tabla 5.2 Clasificación petrográfica de las muestras de rocas.

ESTACIÓN	MUESTRA	CLASIFICACIÓN
E1	E1-M1	Gneis Cuarzo feldespático de color marrón claro con algunos tonos negros.
	E1-M2	Cuarcita ferruginosa, marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento.
E2	E2-M1	Cuarcita ferruginosa, marrón grisáceo con abundante óxido de hierro.
E3	E3-M1	Cuarcita ferruginosa, marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento.
E4	E4-M1	Cuarcita ferruginosa, marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento.
E5	E5-M1	Cuarcita ferruginosa, ocre grisácea.
E7	E7-M1	Cuarcita ferruginosa, pardo rojizo con una coloración rojiza violáceo.
E8	E8-M1	Gneis Biotítico Cuarcífero, de color blanco grisáceo con tonos grises y verde oscuro debido a la presencia de minerales máficos.
	E8-M2	Gneis Biotítico Cuarcífero, de color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro.

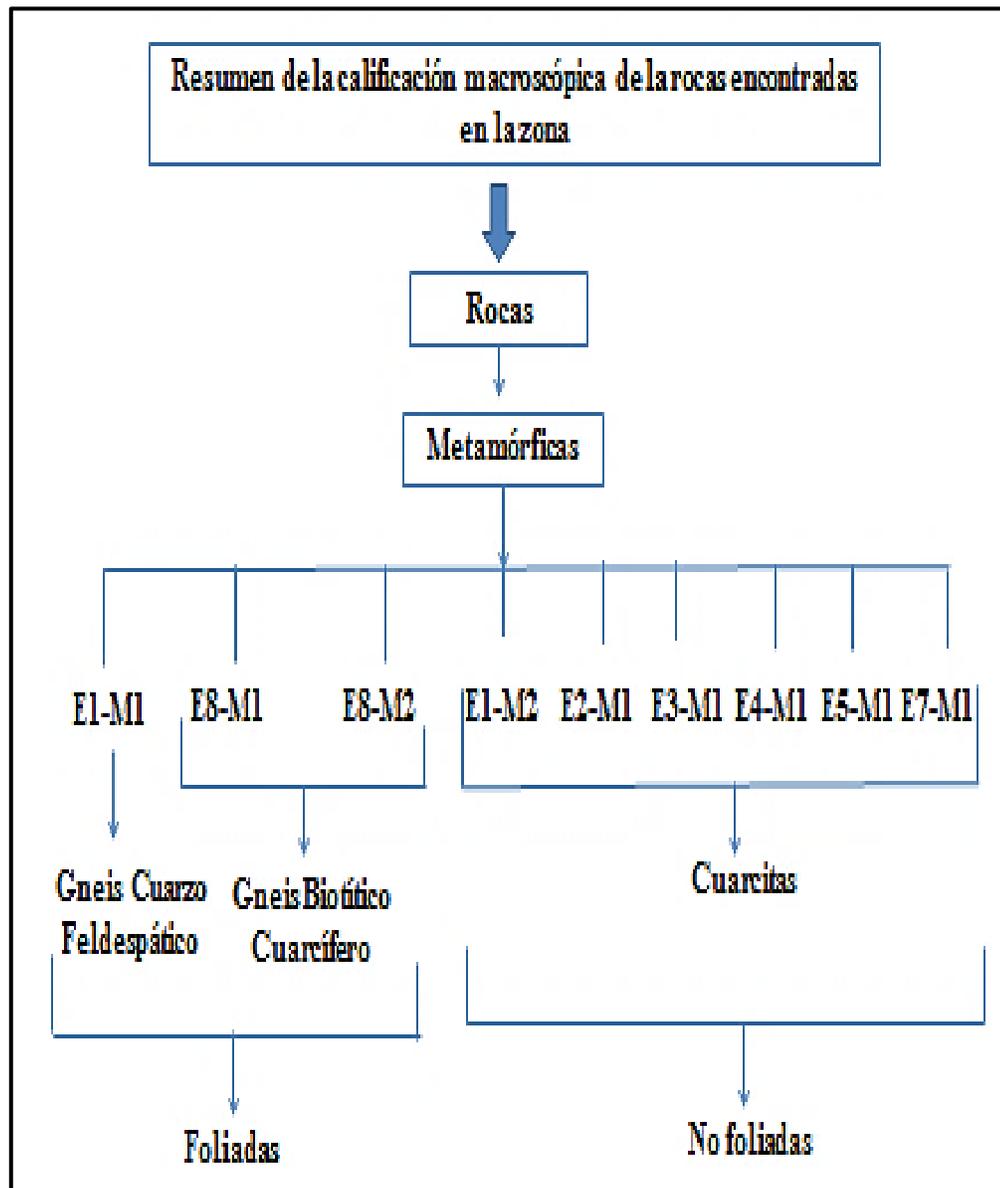


Figura 5.8 Resumen de la clasificación macroscópica de las muestras de rocas.

Según el análisis de las muestras de rocas se determinó que en la zona de estudio predominan los Gneises Cuarzos feldespáticos; los Gneises Bióticos Cuaríferos y las Cuarcitas Ferruginosas (Figuras 5.9 y 5.10).



Figura 5.9 Gneises del Complejo de Imataca estaciones 1 y 8.



Figura 5.10 Cuarzitas Ferruginosas del Complejo de Imataca, de las estaciones 1, 2, 3, 4,5 y 7.

5.3 Patrones estructurales en los cuerpos rocosos de los afloramientos

En el área de estudio se establecieron en total ocho (8) estaciones de trabajo (Tabla 5.3), y la presencia de estructuras visibles en los cuerpos rocosos se observaron en las estaciones: uno (01), dos (2), tres (3), seis (6) y ocho (8), en las cuales se tomaron medidas de distancia, se determinó rumbo y buzamiento y se tomaron fotografías representativas (Figuras 5.11, 5.12 y 5.13).

Tabla 5.3 Estructuras observadas en las estaciones de trabajo.

Estación	Norte	Este	Estructuras
1	892968	450725	Diaclasas, Foliaciones y sills de Cuarzo.
2	892732	450731	Diaclasas y Foliaciones.
3	892747	450713	Diaclasas y Foliaciones.
4	892716	456714	NP
5	892746	450713	NP
6	892756	450701	Diaclasas, sills de Cuarzo.
7	892721	450704	NP
8	892761	450498	Diaclasas, Foliaciones, fallas de rumbo y sills de Cuarzo.



Figura 5.11 Sistema de diaclasas conjugadas en la estación 1.



Figura 5.12 Diaclasa en la estación 3.



Figura 5.13 Sistema de diaclasas conjugadas en la estación 6.

A continuación se presenta en la Tabla 5.4 los datos de rumbo, azimut y coordenadas U.T.M. de las estructuras geológicas de cada una de ellas, como las diaclasas, foliaciones, sills de Cuarzo, fallas de rumbos.

De acuerdo a los datos presentados en la tabla se infiere que las estructuras geológicas que más abundan en el área de estudio, son las diaclasas con valores de azimut entre 275° a 346° y en menor proporción de 40° a 44° , con una predominancia de dirección NW-SE. En cuanto a las foliaciones existe una variación de direcciones, de NW-SE con azimut entre 280° y 330° en las estaciones 1, 3 y 8 y dirección NE-SW en la estación 2 con valores de azimut de 15° y 55° . Las fallas son las estructuras geológicas menos ocurrentes en el área por lo que solo se observaron en la estación 8, donde presentan direcciones NW-SE y NE-SW, con valores de azimut de 30° , 280° y 335° .

Tabla 5.4 Orientación de las estructuras geológicas en las estaciones del área.

ESTACIÓN	Estructuras	Rumbo	Azimut	Coordenadas UTM	
1	Diaclasa A	N20°W	340°	892968 N 450725 E	
	Diaclasa B	N56°W	304°		
	Diaclasa C	N40°E	40°		
	Foliación 1	N80°W	280°		
	Foliación 2	N60°W	300°		
	Sills de Cuarzo	Observaciones			
		Largo	Ancho		
1 43 cm		0,5-1 cm			
2 37 cm	0,7-2 cm				
2	Estructuras	Rumbo	Azimut	892732 N 450731 E	
	Diaclasa D	N35°W	325°		
	Diaclasa E	N46°W	314°		
	Foliación 3	N15°E	15°		
	Foliación 4	N25°E	15°		
	Foliación 5	N55°E	55°		
3	Estructuras	Rumbo	Azimut	892747 N 450713 E	
	Diaclasa F	N75°W	285°		
	Diaclasa G	N33°W	327°		
	Foliación 6	N61°W	299°		
	Foliación 7	N70°W	290°		
	Foliación 8	N37°W	323°		
6	Estructuras	Rumbo	Azimut	892756 N 450701 E	
	Diaclasa H	N44°E	44°		
	Diaclasa I	N64°W	296°		
	Diaclasa J	N85°W	275°		
	Diaclasa K	N49°W	311°		
	Diaclasa L	N14°W	346°		
	Sills de Cuarzo	Observaciones			
Largo		Ancho			
1,5 m		1-4			
8	Estructuras	Rumbo	Azimut	892761 N 450498 E	
	Diaclasa M	N25°W	335°		
	Diaclasa N	N32°W	328°		
	Diaclasa Ñ	N45°W	315°		
	Foliación 9	N30°W	330°		
	Falla I	N25°W	335°		
	Falla II	N30°E	30°		
	Falla III	N80°W	280°		
	Sills de Cuarzo	Observaciones			
Largo		Ancho			
87 cm		2-4,5 cm			

5.4 Dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras geológicas utilizando diagramas de rosas

Con la recopilación de los datos anteriores de azimut (Tabla 5.4) se utilizó el programa Rozeta 2.0, para crear diagramas de rosa y representar las diferentes estructuras, con el propósito de observar el comportamiento de las direcciones de las diaclasas, fallas y foliaciones.

Tabla 5.5 Datos de azimut de las estructuras.

Estación	DIACLASA / AZIMUT		FOLIACIÓN/AZIMUT		FALLA /AZIMUT	
1	Diaclasa A	340°	Foliación 1	280°		
	Diaclasa B	304°	Foliación 2	300°		
	Diaclasa C	40°				
2	Diaclasa D	325°	Foliación 3	15°		
	Diaclasa E	314°	Foliación 4	15°		
			Foliación 5	55°		
3	Diaclasa F	285°	Foliación 6	299°		
	Diaclasa G	327°	Foliación 7	290°		
			Foliación 8	323°		
6	Diaclasa H	44°				
	Diaclasa I	296°				
	Diaclasa J	275°				
	Diaclasa K	311°				
	Diaclasa L	346°				
8	Diaclasa M	335°	Foliación 9	330°	Falla I	335°
	Diaclasa N	328°			Falla II	30°
	Diaclasa Ñ	315°			Falla III	280°

Estos valores han sido ingresados en el programa Rozeta 2.0 para observar las tendencias que siguen las direcciones de las diaclasas, foliaciones y fallas lo cual se puede observar en los diagramas presentados a continuación:

diaclasas con azimut entre 304° - 340° (DA-DB) en la estación 1, de 285° y 327° (DF-DG) en la estación 3 y 275° - 311° (DJ-DK) en la estación 6. Además, 2 diaclasas subparalelas con azimut entre 328° - 335° (DM-DN) en la estación 8.

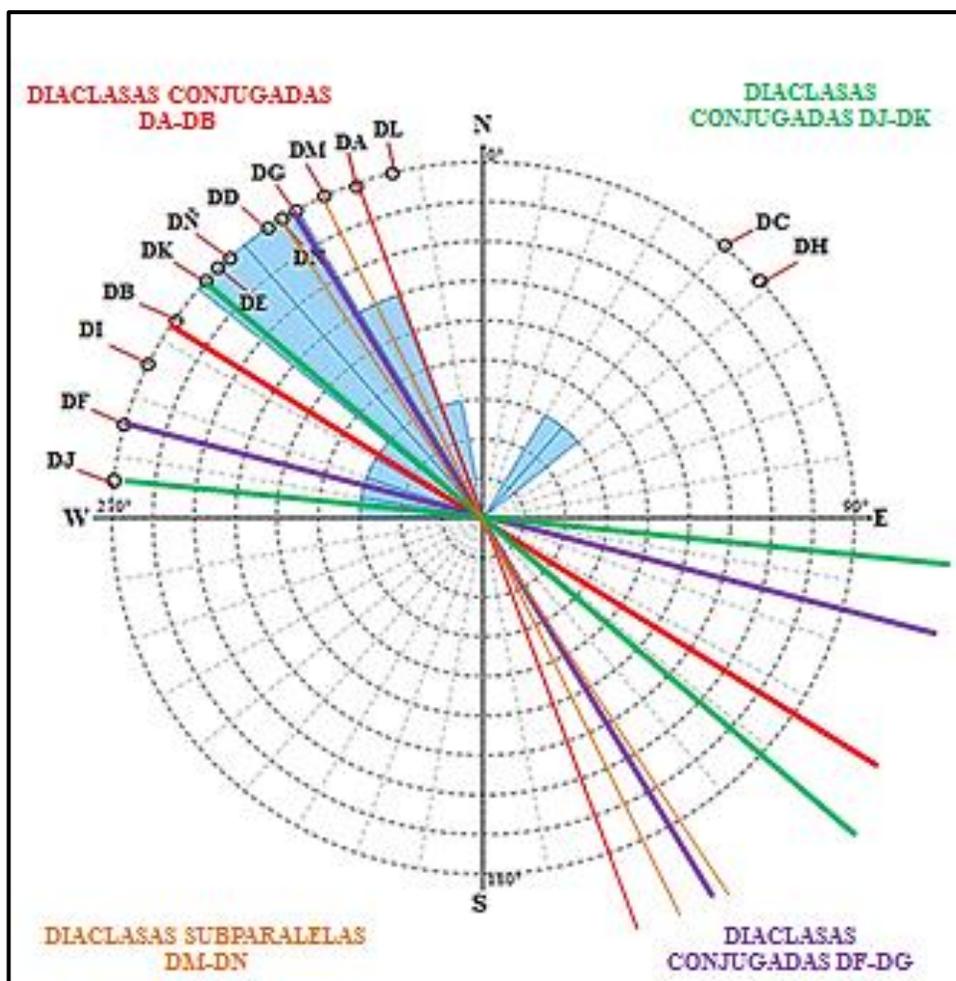


Figura 5.15 Diagrama de Rosas señalando los sistemas de diaclasas.

Por medio de los diagramas de Rosas presentados a continuación (Figuras 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19) de los diferentes sistemas de diaclasas, se determinó que los esfuerzos que las originaron tienen una dirección NE-SW.

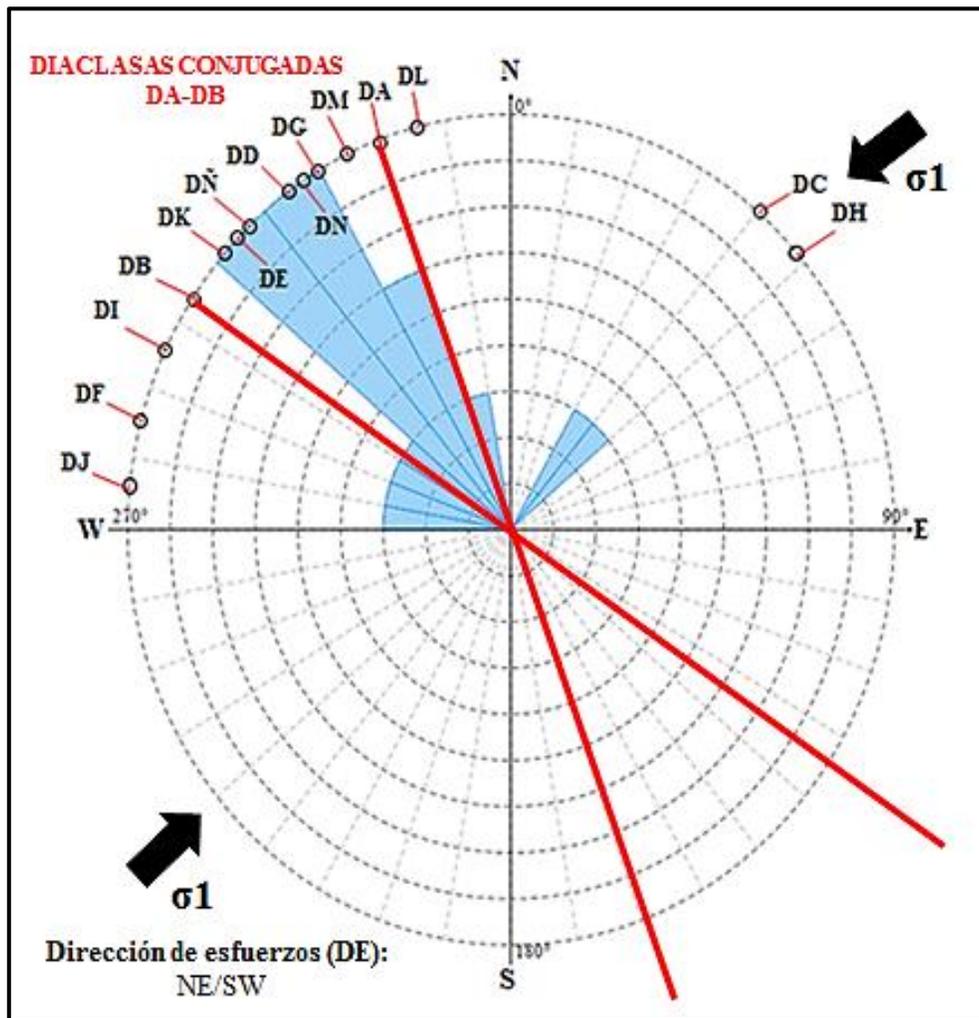


Figura 5.16 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para el sistema de diaclasas conjugadas (estación 1).

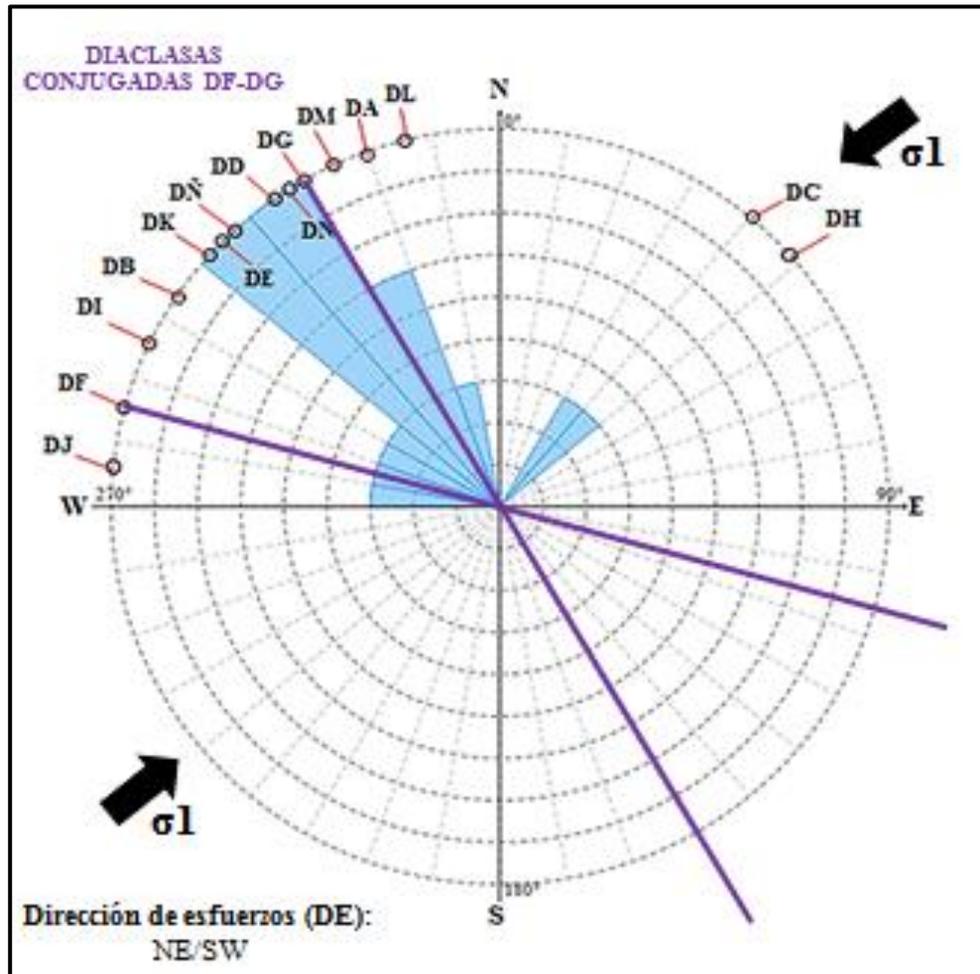


Figura 5.17 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para el sistema de diaclasas conjugadas (estación 3).

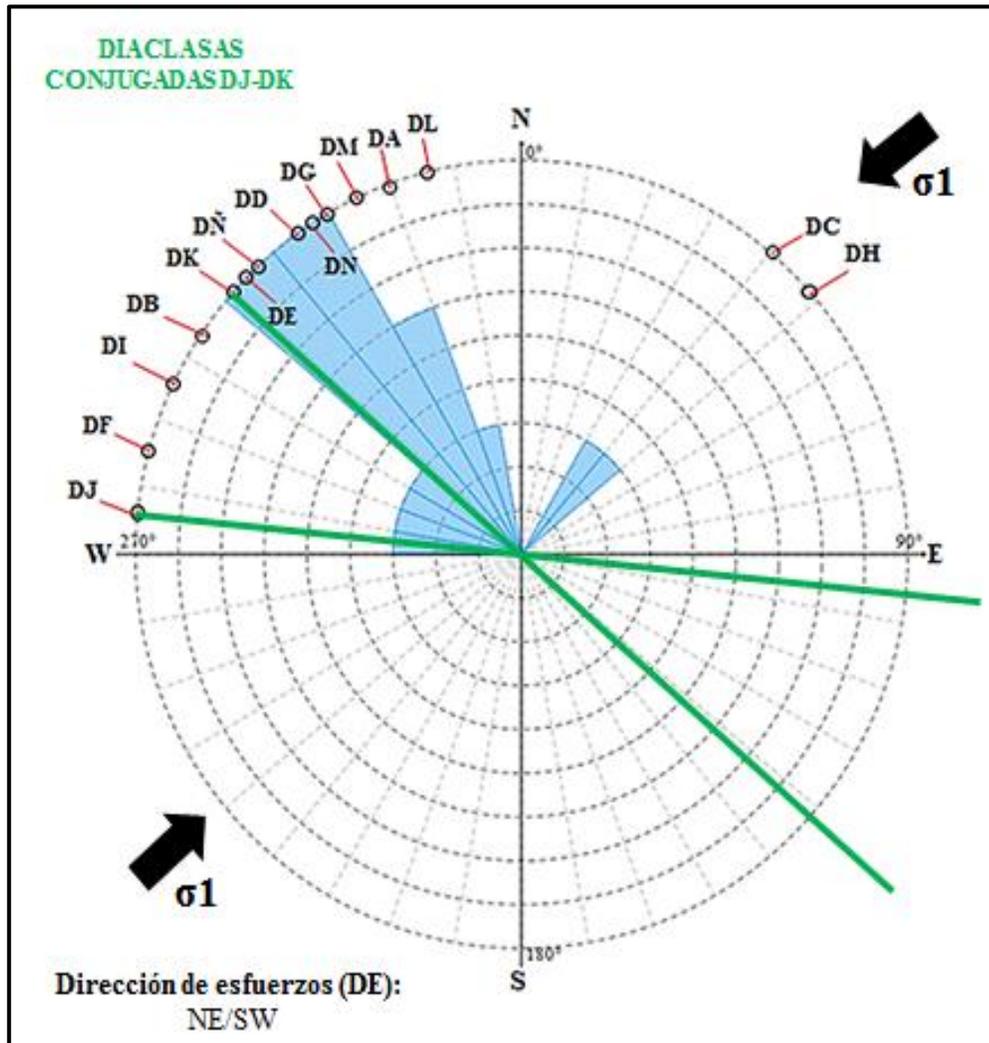


Figura 5.18 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para los sistemas de diaclasas conjugadas (estación 6).

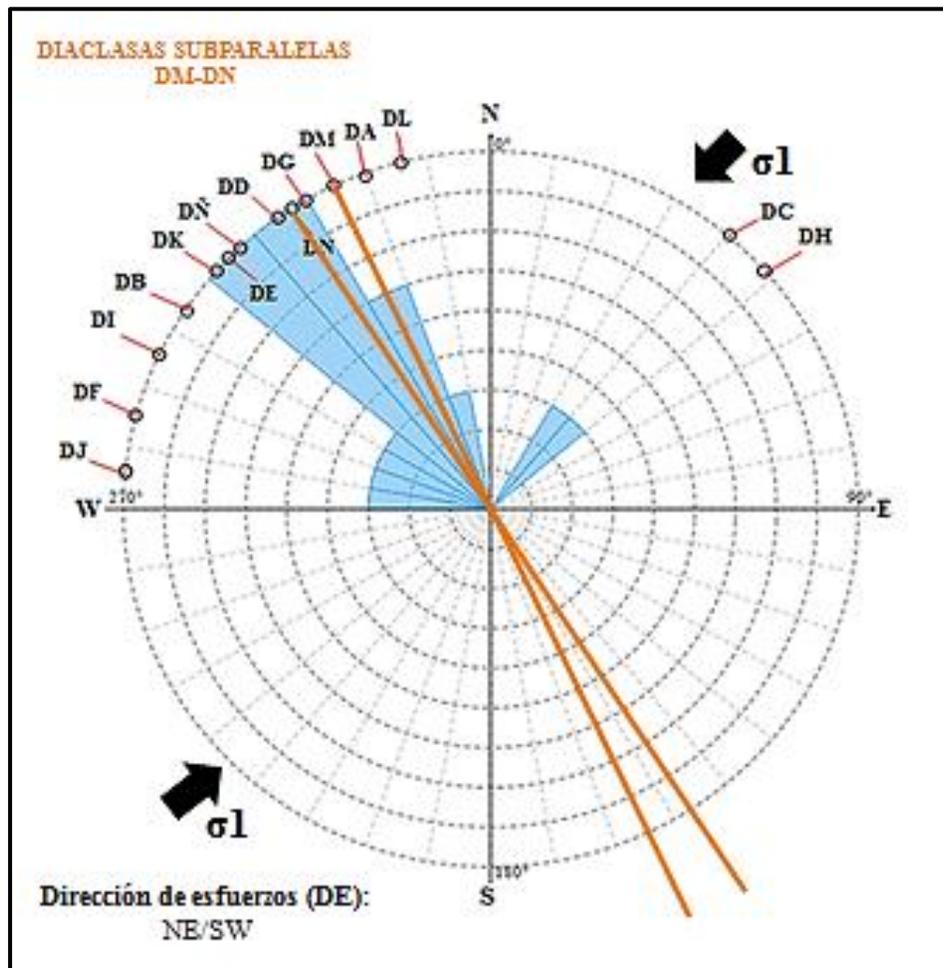


Figura 5.19 Diagramas de Rosas con la dirección de los esfuerzos para las diaclasas DM-DN subparalelas (estación 8).

5.4.2 Foliaciones

Las foliaciones en las rocas expuestas, son otra de las estructuras geológicas que se encuentra en gran parte de la zona estudiada. En la estación 1 se observaron dos foliaciones, con azimut de 280° y 300° ; en la estación 2 tres foliaciones con azimut de 15° y 55° , estos valores con una diferencia de 40° son indicativos de pliegues o fallamiento local; en la estación 3 tres foliaciones con azimut de 290° , 299° y 323° ; y en la estación 8 una foliación con azimut de 330° (Figura 5.20).

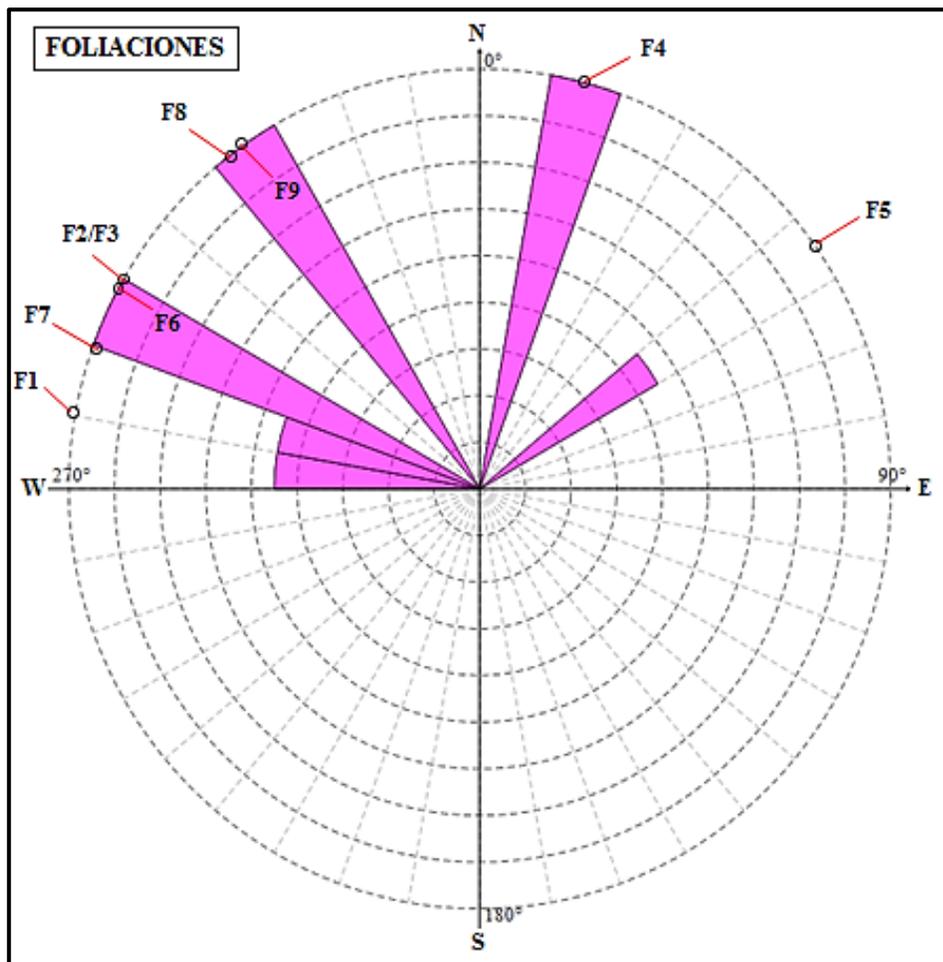


Figura 5.20 Diagrama de Rosas de foliaciones encontradas en la zona.

5.4.3 Fallas

En menor frecuencia, se observaron fallas en el área de estudio, encontradas en el afloramiento del Gneis Biotítico Cuarcífero (estación 8) con valores de azimut de 30° , 335° y 280° (Figura 5.21).

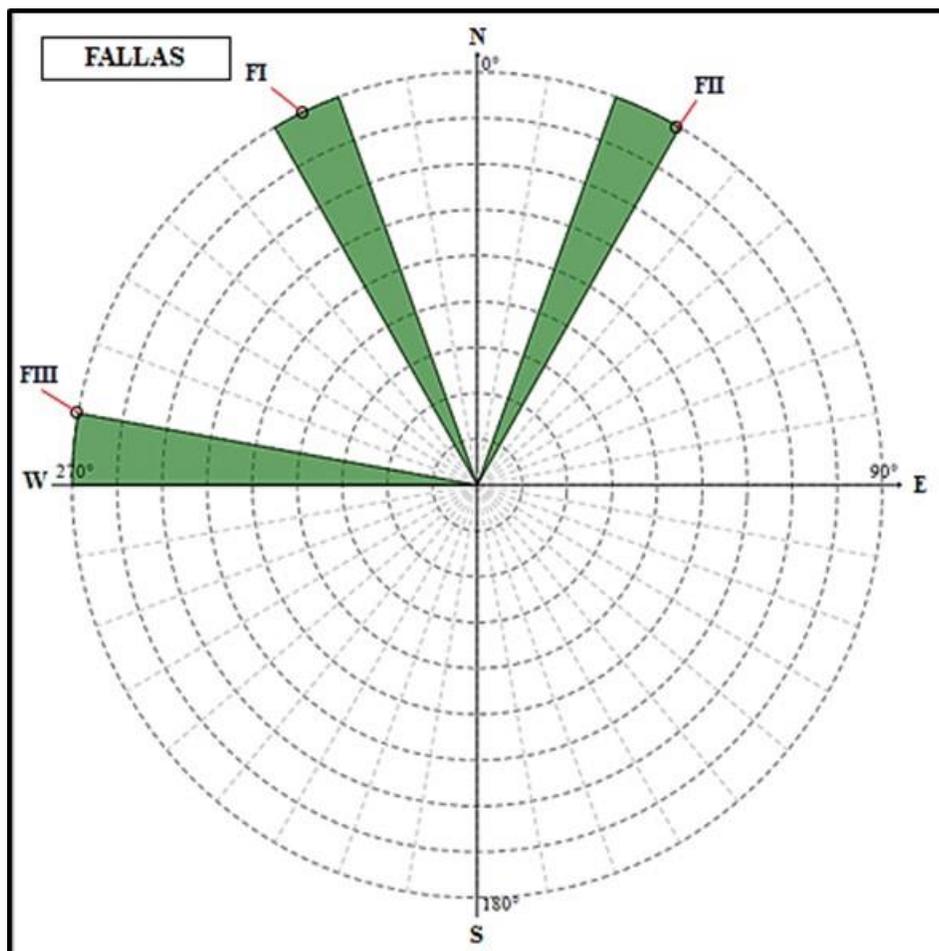


Figura 5.21 Diagrama de Rosas representando las fallas encontradas en la estación 8.

5.5 Análisis del mapa geológico del sector de las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas

En la zona se encuentran tres unidades estratigráficas, de más antigua a más joven, las cuales son: Complejo de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos del Reciente.

El Complejo de Imataca está constituido por Gneises Cuarzo feldespáticos de color marrón claro con algunos tonos negros; Gneises Biotíticos Cuarcíferos, de color blanco grisáceo con tonos grises y verde oscuro debido a la presencia de minerales máficos; Cuarcitas Ferruginosas, color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento; Cuarcitas Ferruginosas, color marrón grisáceo con abundante óxido de hierro; Cuarcitas Ferruginosas, color ocre grisáceo y Cuarcitas Ferruginosas, color pardo rojizo con tonalidades rojo violáceo.

La Formación Mesa se encuentra ubicada en toda el área y está conformada por arenas gravosas arcillosas de colores amarillos con tonalidades rojizas y arcillas grises, en contacto discordante con rocas meteorizadas del Complejo Imataca.

Además, se encuentra la unidad de Sedimentos del Reciente bordeando la quebrada Las Tinajitas, compuesto por gravas, arenas, limos y arcillas, estos últimos de colores grisáceo claro.

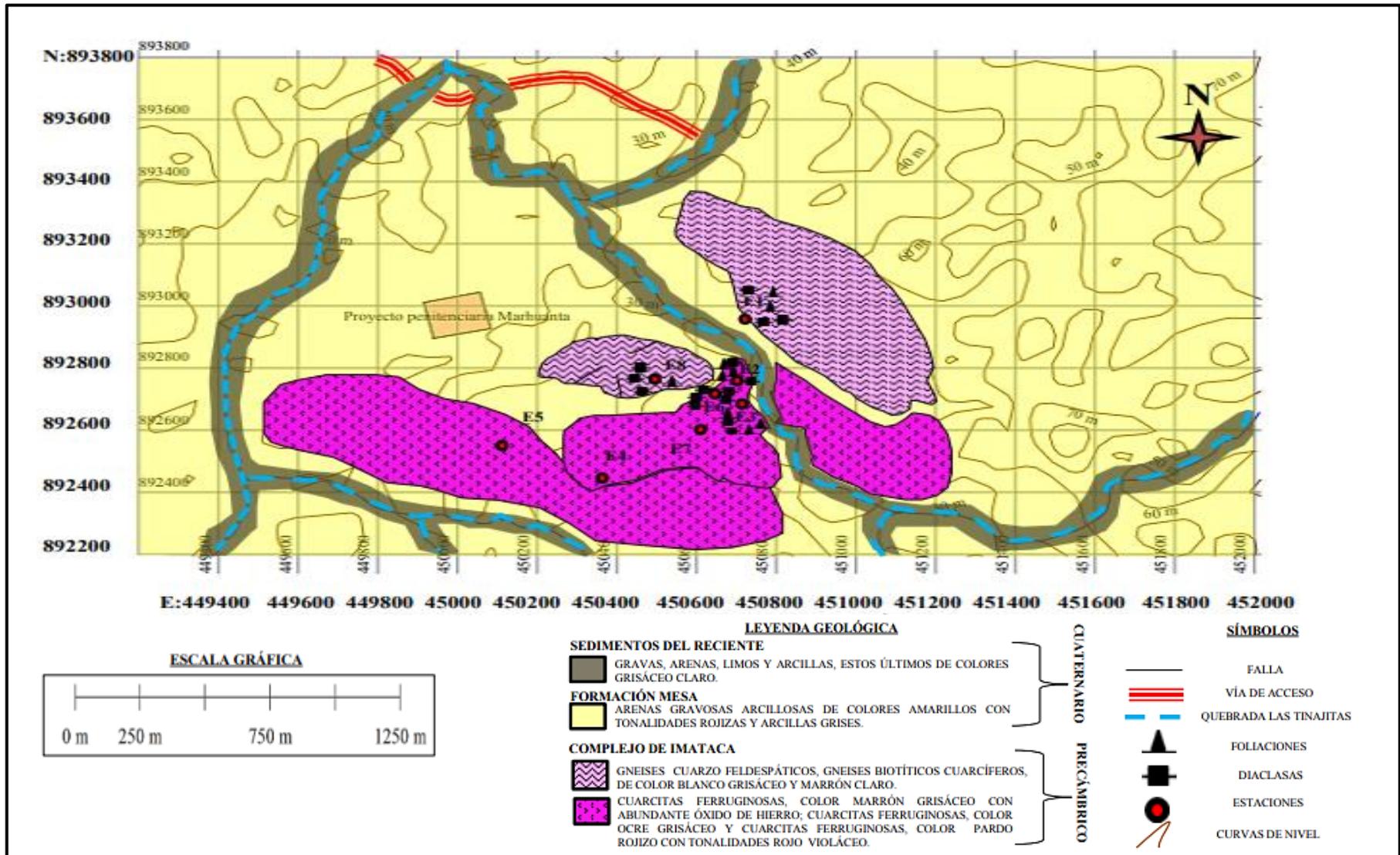


Figura 5.22 Mapa geológico con las unidades estratigráficas y las estructuras presentes de la zona de estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las unidades geológicas presentes en la zona son: el Complejo de Imataca, la Formación Mesa, y los Sedimentos Recientes.

2. En los afloramientos situados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela, se encuentran rocas metamórficas del Complejo de Imataca, tales como: Gneises Cuarzo feldespáticos, Gneises Biotíticos Cuarzíferos y Cuarcitas Ferruginosas; la Formación Mesa conformada por arenas gravosas arcillosas de colores amarillos con tonalidades rojizas y arcillas grises, en contacto discordante con rocas meteorizadas del Complejo Imataca y Sedimentos Recientes, tales como: arenas de grano fino a medio, limos arcillosos y gravas.

3. Las diaclasas son las estructuras geológicas que predominan en el área, se identificaron: 3 sistemas de diaclasas conjugadas conformados por 3 familias de diaclasas con azimut entre 304° - 340° en la estación 1, de 285° y 327° en la estación 3 y 275° - 311° en la estación 6. Además, 2 diaclasas subparalelas con azimut entre 328° - 335° en la estación 8.

4. Las direcciones de las diaclasas en el diagrama de rosa, indican que estas estructuras tienden a tener un azimut de 270° a 360° , para 13 de las 15 diaclasas; y las 2 diaclasas restantes tienen valores de azimut de 40° y 44° .

5. Del análisis del Diagrama de Rosas se determinó una dirección predominante de NE-SW de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras geológicas.

6. Las rocas en su mayoría se encuentran foliadas, con azimut predominante de 280° a 330°; y en menor proporción con azimut de 15° y 55°.

7. Se evidenciaron muy pocas fallas en el área de estudio, específicamente en el afloramiento de Gneis Biotítico Cuarcífero de la estación 8, con valores de azimut de 30°, 335° y 280°.

8. En la clasificación petrográfica de manera macroscópica de las rocas se determinó que las rocas presentes en la zona son: Gneises Cuarzo Feldespáticos de color beige claro con tonos negros, bandeados, de grano medio a fino, constituido por Feldespato 35%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 25% y Biotita 5% aproximadamente; Gneises Biotíticos Cuarcíferos color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro y textura granoblástica a gnéisica, constituido mineralógicamente por Plagioclasa 30%, Mica biotita 30%, Cuarzo 30% y Anfíboles 10% aproximadamente; Cuarzitas Ferruginosas color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento, ocre grisáceo y pardo rojizo con tonalidades rojo violáceo, constituidas mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo.

Recomendaciones

1. Realizar los análisis petrográficos de secciones delgadas para corroborar la clasificación realizada macroscópicamente.
2. Realizar un análisis granulométrico y sedimentológico, para evaluar con mayor exactitud los sedimentos recientes en el área de estudio.
3. Evaluar las rocas expuestas menos alteradas, para determinar la factibilidad del aprovechamiento de las rocas como material de construcción.
4. Estudiar la presión y temperatura del metamorfismo en las rocas de la zona de estudio utilizando el diagrama de facies metamórficas.
5. Delimitar las zonas de contacto geológico entre las Cuarcitas y los Gneises graníticos.

REFERENCIAS

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

Arias, (2006). **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**. 23 de diciembre de 2022, [<http://mscomairametodologiadelainvestigacion.blogspot.com/2013/04/tecnicas-einstrumentos-de.html>]

Bustos, D. (2015). **DIAGRAMAS DE ROSAS**. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Ecuador.

Campos D. y Ramírez C. (2022). **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 de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Pp 105.

Castillo Mayra, Castillo Misay. (2005). **CARACTERIZACION GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LAS SUBCUENCAS DE LOS MORICHALES LOS CARIBES Y GUARICONGO EN ÉPOCA DE LLUVIA. MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Univ. de Oriente, Esc. de Cs. de la Tierra, P 193.

Castro Dorado, V. (2015). **PETROGRAFÍA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS**. Editorial Paraninfo, Madrid, España, pp 119-145.

Chica, A. (1984). **ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

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

CVG. TECMIN C.A. (1991). **INFORME DE AVANCE NB-20-2, DRENAJE, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN**. Ciudad Bolívar. Tomo I y II. pp. 5-14, 375-378, 505-510, 855- 860.

EL TIEMPO EN EL INVIERNO EN CIUDAD BOLÍVAR. 02 de junio de 2023, [<https://es.weatherspark.com/s/28386/3/Tiempo-promedio-en-el-invierno-en-Ciudad-Bol%C3%ADvar-Venezuela#Figures-Temperature>]

González, I. y Ferrer M. (2002). **INGENIERÍA GEOLÓGICA**. Pearson Education. Madrid. Pp. 744.

González, Elena (2006). **MAPAS GEOLÓGICOS**. 26 de diciembre de 2022, [<https://previa.uclm.es/profesorado/egcardenas/mapa%20geol%C3%B3gico.pdf>]

Herrera, José (1.998). **REDONDEZ Y ESFERICIDAD DE LAS PARTÍCULAS**, trabajo inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología., Laboratorio de Sedimentología., pp. 1-14.

Hernández, Fernández y Baptista (2003). **TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**. 26 de diciembre de 2022, [<http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>]

Hernández, (2008). **SELECCIÓN DE LA MUESTRA**. 20 de diciembre de 2022, [http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/eal/seleccion_muestra.html]

INFORME GEOAMBIENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR. (2007). 26 de diciembre de 2022, [http://www.ine.gob.ve/documentos/Ambiental/PrincIndicadores/pdf_ANT/Informe_Geoambiental_Bolivar.pdf]

Junta de Andalucía. (2003). «**ALGUNOS CONCEPTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS**». 23 de diciembre de 2022, [https://web.archive.org/web/20130513051736/http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural._Uso_Y_Gestion/Espacios_Protegidos/publicaciones_renpa/guia_geologica_s_norte/03_parte_1.pdf]

Kerlinger, F. (2002). **ENFOQUE CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO**., p.83.

Mattauer, Maurice (1973). **PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y MORFOLOGÍA DEL TERRENO, MAPAS GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS GEOMÉTRICOS**. E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Primera edición. Universidad de Coruña. Pp.237.

Méndez, J. (2006). **PETROLOGÍA**. Facultad de Ciencias de la UCV. Caracas, Pp. 96-106.

Méndez Baamonde, José (2006). **METAMORFISMO Y ROCAS METAMORFICAS**. Caracas – Venezuela, P 140.

Méndez Baamonde, José (2006). **ROCAS METAMORFICAS**. Caracas – Venezuela, pp. 303-307. Mendoza, Vicente (2005). **PROVINCIA GEOLÓGICA DE**

IMATACA. 13 de Abril de 2017, [<https://es.scribd.com/doc/179204663/Mendoza-V-2005-LIBROGeologia-de-Venezuela-I-Guayana-Andes-Caribe>]

Mendoza S., Vicente. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Minera Hecla Venezolana, C. A. pp. 36-47.

Ochoa, Guido (1983). **GÉNESIS DE LOS SUELOS**. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. pp. 72.

Pérez, Teodoro (2011). **ANÁLISIS GEOLÓGICO ESTRUCTURAL**. 10 de Abril de 2017, [<https://es.scribd.com/doc/73113651/Analisis-Geologico-EstructuralLeccion-13-Diaclassas>]

PDVSA-Intevet (1997). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. 3ra. Edición, Publicación Especial No. 12 Tomo I y II. pp 18-28, 318, 450. Caracas – Venezuela.

(P.D.V.S.A). (2002). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Venezuela. <http://www.pdv.com/lexico>.

Ramírez L. y Brito M. (2022) **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Pp 107.

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

Tarback, Edward. Lutgens, Frederick. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. 26 de diciembre de 2022, [<http://www.osop.com.pa/wp-content/uploads/2014/04/TARBUCK-y-LUTGENSCiencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>]

Tarback, Edward y Lutgens, Frederick. (2010). **METEORIZACIÓN Y SUELO**. Madrid – España, P 625.

APÉNDICES

APÉNDICE A
FICHAS DESCRIPTIVAS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E1-M1
Foliada	X	
No foliada		
Coordenadas		
N	E	
892968	450725	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico la roca está constituida mineralógicamente por Plagioclasas, Cuarzo, Feldespato y Biotita.</p>		
<p>Características relevantes: Roca de color beige claro con algunos tonos negros, semifoliada de protolito ígneo, presenta una textura bandeada de granos alargados de medio a fino, meteorizada. Resistente a la rotura con una densidad y dureza moderada, exhibe una porosidad compacta acompañada de una fractura irregular. La roca está constituida por Cuarzo 35%, Feldespato 35%, Plagioclasa 25% y Biotita 5% aproximadamente.</p>		
<p>Identificación de la roca: Gneis Cuarzo Feldespático.</p>		

Apéndice A.1. Ficha descriptiva de la muestra E1-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E1-M2
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892968	450725	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, masiva, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento característico del óxido de hierro.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.2. Ficha descriptiva de la muestra E1-M2.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E2-M1
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892732	450731	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, masiva, muy meteorizada, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Color marrón grisáceo con abundante óxido de hierro.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.3. Ficha descriptiva de la muestra E2-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E3-M1
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892747	450713	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, masiva, muy meteorizada, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Se observa una coloración dispersa alrededor de la muestra rojo pardo a amarillento debido al óxido de hierro.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.4. Ficha descriptiva de la muestra E3-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E4-M1
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892716	456714	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, muy meteorizada, masiva, muy meteorizada, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Color pardo rojizo posiblemente producto de su cemento ferruginoso.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.5. Ficha descriptiva de la muestra E4-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E5-M1
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892746	450713	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, masiva, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Presenta una coloración ocre grisácea con algunas tonalidades verdes producto de la contaminación de la zona.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.6. Ficha descriptiva de la muestra E5-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E7-M1
Foliada		
No foliada	x	
Coordenadas		
N	E	
892756	450701	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, puede contener otros minerales accesorios como Mica o Feldespato.</p>		
<p>Características relevantes: Roca pelítica paraderivada de grano medio a fino, muy meteorizada, masiva, muy meteorizada, sin foliación marcada y textura granoblástica donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Color pardo rojizo con una coloración rojiza violáceo debido al cemento.</p>		
<p>Identificación de la roca: Cuarcita.</p>		

Apéndice A.7. Ficha descriptiva de la muestra E7-M1.

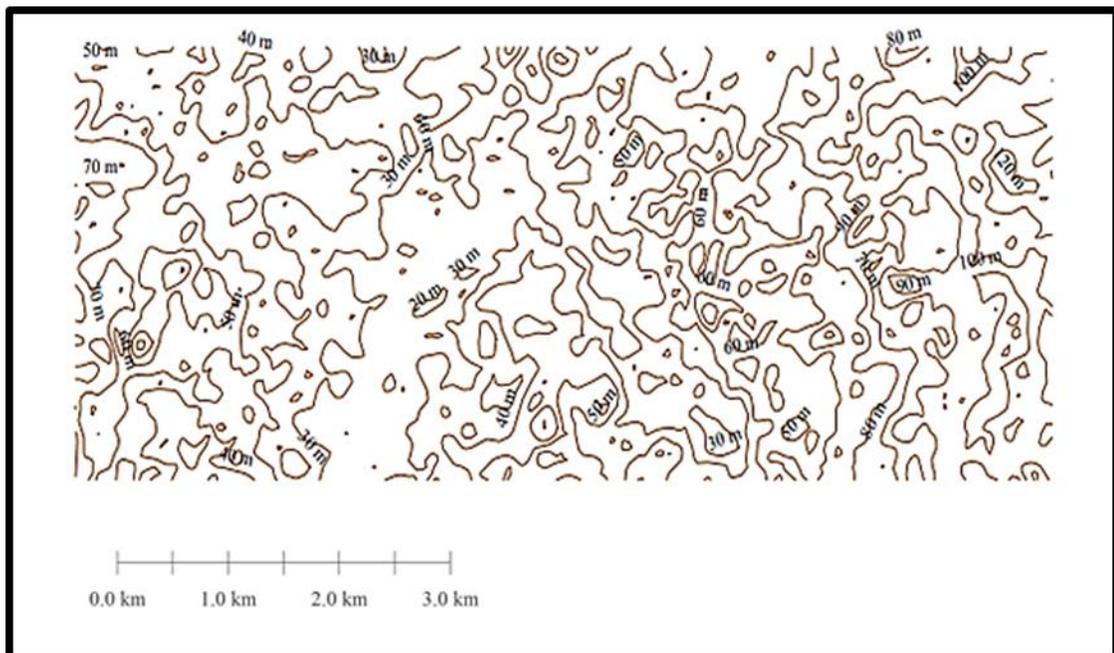
CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E8-M1
Foliada	X	
No foliada		
Coordenadas		
N	E	
892761	450498	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por Mica biotita, Cuarzo, Plagioclasa, y Feldespatos.</p>		
<p>Características relevantes: Roca dura, fresca, densa y homogénea, con una textura granoblástica a gnéisica de granos medios ligeramente orientados, posee un color blanco grisáceo con tonos grises y verde oscuro debido a la presencia de minerales máficos. Los minerales más representativos que contiene la roca son blastos de Mica biotita encontrándose finamente diseminado con presencia de cristales dispuestos de forma alargada con un porcentaje alrededor de 30%; Plagioclasa con un porcentaje alrededor de 30%; Cuarzo el cual se encuentra diseminado con bandas finas de hasta 2mm de espesor, integrando este a la roca con un 30% aproximadamente. Contiene otros minerales accesorios como anfíbol y feldespatos presentados en la roca aproximadamente en un 10%.</p>		
<p>Identificación de la roca: Gneis Biotítico Cuarzífero.</p>		

Apéndice A.8. Ficha descriptiva de la muestra E8-M1.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LA ROCA		MUESTRA E8-M2
Foliada	X	
No foliada		
Coordenadas		
N	E	
892761	450498	
<p>Composición de la roca: A nivel macroscópico está constituida mineralógicamente por Mica biotita, Cuarzo, Plagioclasa, y Feldespatos.</p>		
<p>Características relevantes: Roca dura, densa y homogénea posee un color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro. De textura granoblástica a gnéisica constituida mineralógicamente por cristales lenticulares de Mica biotita aproximadamente 30%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 30% y minerales accesorios como Feldespatos en una textura entrelazada con los cristales de Cuarzo y Anfíboles en un 10% aproximadamente.</p>		
<p>Identificación de la roca: Gneis Biotítico Cuarcífero.</p>		

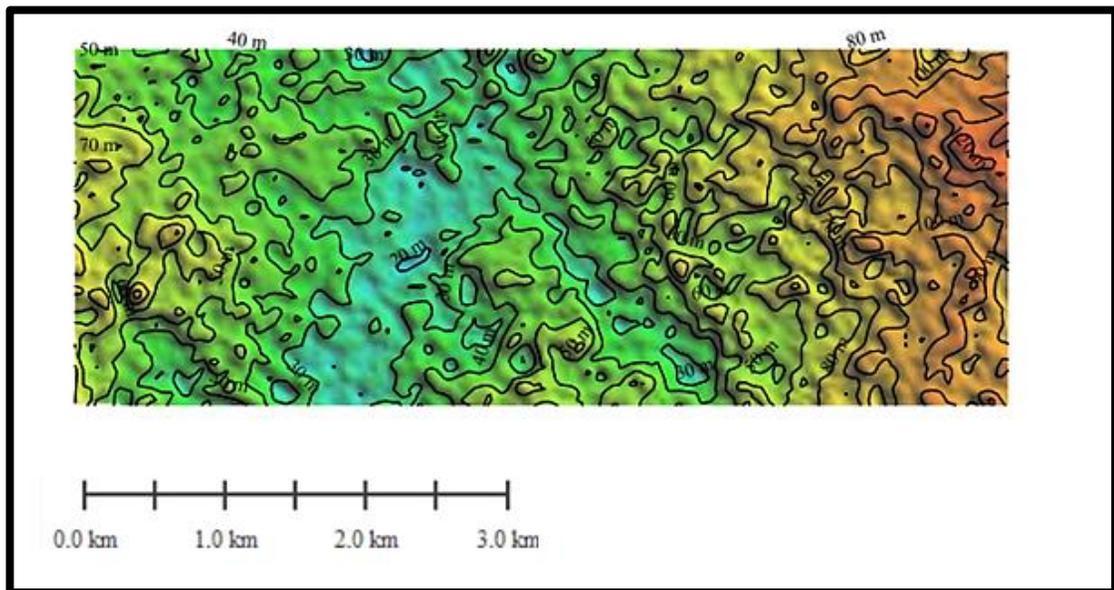
Apéndice A.9. Ficha descriptiva de la muestra E8-M2.

APÉNDICE B
MAPA DE CURVAS DE NIVEL DE LA ZONA



Apéndice B.1. Mapa de curvas de nivel de la zona elaborado con la aplicación Global Mapper 20.

APÉNDICE C
IMAGEN ASTER DE LA ZONA



Apéndice C.1. Imagen ASTER de la zona de estudio generada con la aplicación Global Mapper 20.

ANEXOS

ANEXO 1
MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA ESTUDIO

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

TÍTULO	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS SITUADOS EN LAS CABECERAS DE LA QUEBRADA LAS TINAJITAS, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, PARROQUIA MARHUANTA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Luces Salazar Francia Italy Esojolati	CVLAC: 27.732.476 E MAIL: francialuces.fl@gmail.com
Mora Suarez, Victor David Moises	CVLAC: 26.374.734 E MAIL: djanime.com28@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Caracterización geológica
Sector las Tinajitas
Municipio Angostura del Orinoco
Parroquia Marhuanta
Estado bolívar Venezuela
Clasificación Macroscópica

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

ÁREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÁREA y/o SERVICIO
Ciencias de la Tierra	Geología
	Ingeniería geológica

RESUMEN (ABSTRACT):

El proyecto de investigación, se basó en la caracterización geológica de los afloramientos situados en las cabeceras de la quebrada Las Tinajitas, municipio Angostura del Orinoco, parroquia Marhuanta, estado Bolívar, Venezuela. En este proyecto se planteó una metodología del tipo exploratorio-descriptivo incluyendo un diseño de campo, lo cual se desarrolló de la siguiente manera: desde una etapa de planificación donde se seleccionó el área de estudio, lo cual procedió a la recopilación de información del área mediante mapas, trabajos de grado, entre otros. Posteriormente, una etapa de campo en la cual se realizó una delimitación del área, la recolección de ocho (8) muestras de roca, la medición y clasificación de las estructuras geológicas encontradas; una etapa de laboratorio en la cual se realizó un análisis petrográfico de forma macroscópica a las muestras de rocas recolectadas, la determinación de la dirección de los esfuerzos que dieron origen a las estructuras utilizando el diagrama de rosas y la representación de las unidades rocosas y estructuras presentes en la zona de estudio en un mapa geológico utilizando el programa Global Mapper 20. Como resultados se obtuvo que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Reciente; las rocas encontradas se clasificaron como: Gneises Cuarzo Feldespáticos de color beige claro con algunos tonos negros de textura bandeada con granos alargados de medio a fino, constituido mineralógicamente por Feldespato 35%, Cuarzo 35%, Plagioclasa 25% y Biotita 5% aproximadamente; Gneises Biotíticos Cuarzíferos color blanco grisáceo con tonos gris y verde oscuro de textura granoblástica a gnéisica, constituidos mineralógicamente por de Plagioclasa 30%, cristales lenticulares de Mica biotita 30%, Cuarzo 30%, minerales accesorios como Feldespatos en una textura entrelazada con los cristales de Cuarzo y Anfíboles en un 10% aproximadamente; Cuarcitas Ferruginosas color marrón grisáceo con tonalidades rojo pardo a amarillento, Cuarcitas Ferruginosas color marrón grisáceo con abundante óxido de hierro, Cuarcitas Ferruginosas color ocre grisáceo y Cuarcitas Ferruginosas color pardo rojizo con tonalidades rojo violáceo, las Cuarcitas están constituidas mineralógicamente por más del 80% de Cuarzo aproximadamente, donde los cristales de Cuarzo forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Además, algunas zonas presentan abundantes bloques y fragmentos de Cuarzos producto de la meteorización de diques y sills intrusionados en las rocas debido a los distintos agentes atmosféricos. Se identificaron tres sistemas de diaclasas conjugadas conformados por 3 familias de diaclasas con azimut entre 304°- 340° en la estación 1, de 285° y 327° en la estación 3 y 275°- 311° en la estación 6. Además, dos diaclasas subparalelas con azimut entre 328°- 335° en la estación 8. Mediante el Diagrama de Roseta se concluyó que los esfuerzos que las originaron tienen una predominancia de dirección NE-SW.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL								
Rivadulla Rosario	ROL	CA		ASx		TU	X	JU	
	CVLAC:	3.825.175							
	E_MAIL	rosario.rivadulla@gmail.com							
	E_MAIL								
Sandoval Berenice	ROL	CA		AS		TU		JU	X
	CVLAC:	8.884.428							
	E_MAIL	beresandoval@hotmail.com							
	E_MAIL								
Monteverde Francisco	ROL	CA		AS		TU		JU	X
	CVLAC:								
	E_MAIL								
	E_MAIL								
	ROL	CA		AS		TU		JU	
	CVLAC:								
	E_MAIL								
	E_MAIL								
	ROL	CA		AS		TU		JU	
	CVLAC:								
	E_MAIL								
	E_MAIL								

Fecha de Discusión y Aprobación:

Año	Mes	Día
2023	8	7

Lenguaje: Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis-Characterización geológica Las Tinajitas	. docx
Tesis-Characterización geológica Las Tinajitas	.pdf

Alcance:

Espacial:

Temporal:

Título o grado asociado con el trabajo:

Geólogo / Ingeniero Geólogo

Nivel asociado con el trabajo:

Pregrado

Área de estudio:

Departamento de Geología

Institución:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIDIDO POR *[Firma]*
FECHA *5/8/09* HORA *5:20*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Teléf: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización".



AUTOR

Luces Francia



AUTOR

Mora Victor

TUTOR
Rivadulla Rosario

JURADO
Sandoval Berenice

JURADO
Monteverde Francisco