UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DE LA ZONA ENTRE EL ORFANATO BOLÍVAR Y EL HOTEL LA CUMBRE, AVENIDA 5 DE JULIO, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR EL BACHILLER EIRIS IVANOHE, GARCÍA BRITO PARA OPTAR AL TITULO DE GEÓLOGO

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO, 2025

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado "**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DE LA ZONA ENTRE EL ORFANATO BOLÍVAR Y EL HOTEL LA CUMBRE, AVENIDA 5 DE JULIO, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**", presentado por los bachilleres **EIRIS IVANOHE, GARCÍA BRITO**, cédula de identidad **15.125.537**, como requisito parcial para optar al título: geólogo, ha sido aprobado por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:	Firma:
Profesor(a) Rosario Rivadulla (Asesor)	
Profesor Enrique Acosta (Jurado)	
Profesor Edixon Salazar (Jurado)	
Profesor(a) Rosario Rivadulla Jefe del Departamento de Ciencias de la Tierra	Profesor Francisco Monteverde Director de la Escuela

Ciudad Bolívar 21 de 03 2025

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada con todo mi amor y devoción, a Dios Todopoderoso, por siempre estar conmigo y ayudarme en todo el transcurso de mi carrera y de mi vida señalándome el camino a seguir.

A mi madre Carmen Brito, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, por estar dispuesta a acompañarme cada noche, llena de desvelo por el estudio, noches en las que su compañía y palabras alentadoras fueron suficientes para crear en mí el deseo de seguir adelante.

A mi padre Luis García, por su apoyo y acompañamiento permanente y que siempre me orientó aprender más y tener conocimiento gracias papa y ejemplo de fortaleza.

A mis hermanos Iris, Melissa y Juan Carlos, quienes ha fomentado en mí el valor de la responsabilidad y deseo de superación, en ellos tengo mi modelo a seguir, pues sus virtudes y gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

A mis sobrinos Sofía, Ana, Jesús Ángel, Dana y Alya, quienes me llenan de mucha felicidad y son ese pilar que me mantiene fuerte en los momentos más difíciles.

Eiris I. García Brito

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser la fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Gracias a la Universidad de Oriente, por permitirme formarme en ella, gracias a los profesores que fueron participe de este proceso, gracias a todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su gran aporte que el día de hoy se ve reflejado en la presentación de este trabajo de grado.

A mi tutora Ingeniera Rivadulla Rosario, por su orientación, paciencia y consejos, en el proceso de elaboración de la tesis de grado.

A todas las personas quienes de una u otra manera sirvieron de apoyo en la elaboración de este trabajo.

Eiris I. García Brito

RESUMEN

El área de estudio está ubicada a lo largo de la avenida 5 de Julio, entre El Orfanato Bolívar, el Barrio Mango Asado y el hotel La Cumbre, en el estado Bolívar, Ciudad Bolívar, el municipio Angostura del Orinoco, parroquia Catedral. Este trabajo tiene como finalidad la caracterización geológica – estructural del sector. Es una investigación de tipo descriptiva y con un diseño documental y de campo. Para el logro de los objetivos se recolecto información en 14 estaciones, ubicadas en el Complejo de Imataca. Y se recolectaron 6 muestras de rocas; de ellas se les realizó el análisis mineralógico macroscópico con una lupa 10X. Cada estación se ubicó con las coordenadas U.T.M., en huso 20, datum La Canoa; y se midieron los rumbos de las diaclasas, foliación y fallas. Se utilizó como cartografía la hoja 7539 (Ciudad Bolívar) a escala 1:100.000 y las imágenes de Google Earth. Para procesar los datos de las estructuras y elaborar los diagramas de rosas, se utilizó la aplicación stereonet; en los cuales se interpretaron las direcciones de los esfuerzos normales principales, que actuaron en el área de estudios. El mapa geológico se elaboró con datos de campo, utilizó la aplicación de PowerPoint del office 2016, imágenes de Google Earth, que fue digitalizado utilizando AutoCad Land y AutoCad 2012a. Los resultados del levantamiento de campo, indican la presencia de rocas del Complejo de Imataca: que fueron clasificadas como gneises cuarzosos feldespático biotíticos y feldespáticos cuarzosos, holocristalinos, de grano medio a grueso y de grano fino con cristales, de tamaño entre 1 y 3 mm, con intrusivos de pegmatita plagioclásica y cuarzosa, con una composición mineralógica constituida por cuarzo (40-30%), plagioclasa (40–25%), feldespatos (55-25%) y biotita (25-5%). En la zona, las predominan las diaclasas verticales con rumbos N30^{0}E, N70^{0}E, N10^{0}E, Norte franco, N80^0-70^{0}W, diaclasas ortogonales con rumbos N60^{0}W y N40^{0}E y algunas diaclasas oblicuas con rumbos Este franco y N55^{0}E. La foliación presenta rumbos Este franco, Norte franco, N70^{0}E, N10^{0}E y N40^{0}W, con buzamiento 31^{0}NE, indicativa de plegamiento. El patrón geométrico de las diaclasas (41) en los diagramas de rosas, de 10 estaciones, indican que fueron originadas por dos eventos, uno con esfuerzos principales σ1, en dirección SW-NE y otro de dirección NW-SE. De acuerdo al mapa geológico de la zona de estudio predominan las rocas del Complejo de Imataca (SD) en un 100 %, con rocas de tipo gneises cuarzosos feldespáticos, gneises feldespáticos cuarzosos y gneises monzoníticos de color gris oscuro y blanco.

.

CONTENIDO

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTOS iv
RESUMEN v
CONTENIDO vi
LISTA DE FIGURAS x
LISTA DE TABLAS xii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I 2
SITUACIÓN A INVESTIGAR 2
1.1 Planteamiento del problema 2
1.2 Objetivo de la investigación 5
1.2.1 Objetivo general 5
1.2.2 Objetivos específicos 5
1.3 Justificación de la investigación 5
1.4 Alcances de la investigación 7
1.5 Limitaciones de la investigación 7
CAPÍTULO II 8
GENERALIDADES 8
2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio 8
2.2 Acceso al área de estudio 9
2.3 Características físico naturales 10
2.3.1 Clima 10
2.3.2 Vegetación 14
2.4 Geomorfología 16
2.5 Geología regional 18
2.5.1 Complejo de Imataca 18
2.5.2 Formación Mesa 18
2.5.3 Sedimentos Recientes 19
CAPÍTULO III 20
MARCO TEÓRICO 20
3.1 Antecedentes de la investigación 20

3.2 Fundamentos teóricos 23
3.2.1 Complejo de Imataca 23
3.2.2 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas 24
3.2.3 Tipos de diaclasas 27
3.2.4 Origen de las diaclasas 29
3.2.5 Zonas de cizalla 30
3.2.6 Plegamiento pasivo o de flujo 30
3.2.7 Indicadores cinemáticos (complejos porfiroblasto-cola) 31
3.2.8 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos, asociadas a fallas y asociadas a zonas de cizalla frágil – dúctil 31
3.2.9 Medida de las direcciones características de las diaclasas 32
3.2.10 Diagrama de Rosas o Roseta 33
3.3 Diagrama de rosas 33
3.3.1 Objetivo del Uso de la Roseta de Diaclasa 34
3.3.2 Procedimiento para confeccionar una roseta 34
3.4 Definición de términos básicos 35
3.4.1 Diaclasas 35
3.4.2 Diaclasas según su apariencia 35
3.4.3 Familias de diaclasas 35
3.4.4 Sistema de diaclasas 36
3.4.5 Origen de las diaclasas 37
3.4.6 Rumbo y buzamiento 37
3.4.7 Zona de cizalla 37
3.4.8 Clasificación de las fracturas 37
3.4.9 Fallas, zonas de falla y zonas de cizalla 37
3.4.10 Sills 39
3.4.11 Diques 39
3.4.12 Foliación 39
3.4.13 Textura porfidoblástica 39
3.4.14 Factores que controlan en metamorfismo 40
3.4.15 Tipos de rocas metamórficas 41
3.4.1 Análisis mineralógico 46
3.4.17 Mapa geológico 46

CAPÍTULO IV 47
METODOLOGÍA DEL TRABAJO 47
4.1 Tipo de investigación 47
4.2 Diseño de investigación 48
4.2.1 Según la estrategia empleada para la recopilación de información 48
4.3 Población y muestra de la investigación 49
4.3.1 Población de la investigación 49
4.3.2 Muestra de la investigación 49
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos 50
4.4.1 Técnicas de recolección de datos 50
4.4.2 Revisión bibliográfica y cartográfica 51
4.4.3 Instrumentos para recolección de datos 51
4.5 Flujograma de investigación 53
4.5.1 Etapa 1 Planificación y selección del área 54
4.5.2 Etapa II: Trabajo de campo 55
5.2.2 4.5.3 Etapa III: Análisis de laboratorio 58
4.5.4 Etapa IV: Trabajo de oficina 58
CAPÍTULO V 60
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 60
5.1 Descripción de las unidades geológicas del área de estudio 60
5.2 Descripción de los afloramientos entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre… 61
5.2.1 Estaciones E1 y E2 61
5.2.2 Estación E3…… 64
5.2.3 Estación E4 ……. 65
5.2.4 Estación E5 65
5.2.5 Estación E6 66
5.2.6 Estación E7 67
5.2.7 Estación E8 68
5.2.8 Estación E9 68
5.2.9 Estación E10 69
5.2.10 Estacion E11 70
5.2.11 Estación E12 70
5.2.12 Estaciones E13 y E14 70

5.3 Clasificación y composición mineralógica, macroscópica, de las muestras de rocas……72
5.4 Clasificación de las estructuras geológicas presentes en los afloramientos ……77
5.5 Análisis del diagrama de rosas de las estructuras geológicas 78
5.5.1 Diagrama de rosas de las diaclasas 78
5.6 Análisis del mapa geológico 83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 85
Conclusiones 85
Recomendaciones 86
REFERENCIAS 87

LISTA DE FIGURAS

Página

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Hoja cartográfica, Ciudad Bolívar 7440 a escala 1:100000 …… 3
2.2 Acceso al área de estudio. Fuente: Google Maps (2024) …… 4
2.3 Vegetación arbustiva en la zona de estudio……... 10
2.4 Paisaje de peniplanicie con vegetación arbustiva…… 10
2.5 Mapa geológico-geomorfológico del entorno del área de estudio. Fuente: Mapa geomorfológico de Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz de Yánez G. (1971) a escala 1:50.000 ……. 12
3.1 Tipos de diaclasas (Wolfgang, G., 2001)…… 22
3.2 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010)……. 23
3.2 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010)…… 24
3.3 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010 ……. 25
3.4 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010)…… 26
3.5 Porfiroblastos-cola (Fossen, 2010) …….. 26
3.6 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez, 2016)…… 27
3.7 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez, 2016) ……. 28
3.8 Roseta de diaclasas (Wolfgang, G., 2001) …….. 29
3.9 Tipos de diaclasas (Wolfgang, G., 2001)……. 31
3.10 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010)…. 32
3.11 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010)…….. 32
4.1 Flujograma de las actividades de las etapas de investigación……. 50
4.2 Reconocimiento de la zona de estudio …….. 52
4.3 Identificación de estación. …….. 53
4.4 Medición de rumbo de las estructuras……. 53
4.5 Diagrama de rosas de las estructuras…… 55
5.1 Imagen satelital de Google Earth con la ubicación de las estaciones. 57
5.2 Afloramiento de E1: a) y b) Afloramiento de Migmatitas con foliación. c) Migmatitas con diaclasas verticales. d) Dique de cuarzo en Migmatitas…… 60
5.3 Estación E2: a) Bloques de Migmatitas con diaclasas verticales. b) Afloramiento de migmatitas. c) Sills de pegmatitas en migmatitas. 61
5.4 Afloramiento de gneis granítico en la Estación 3…… 61
5.5 Afloramiento de gneis granítico en la estación E4…….. 62
5.6 Afloramiento de la estación 5 (a), detalle de la roca diaclasada (b y c)….. 63
5.7 Afloramiento de la estación 6 (A), Diaclasas subortogonales (B) y dique de pegmatita (C)…… 63

5.8 Afloramiento de gneis cuarzoso biotítico de la Estación 7 con diaclasas, sills de pegmatita y foliación…… 64
5.9 Afloramiento de E8, de gneis cuarzoso biotítico …… 65
5.10 Afloramiento de gneis cuarzoso biotítico en la estación E10…… 66
5.11 Afloramiento de gneis cuarzo feldespatico biotítico en la estación E11 67
5.12 Afloramiento de gneis cuarzo feldespatico biotítico en la estación E12…. 68
5.13 Afloramiento de gneis cuarzo feldespatico biotítico en la estación E13…. 69
5.14 Muestras de rocas recolectadas en las estaciones E1, E7, E11 y E12…… 70
5.15 Diagrama de Rosas de las diaclasas de la zona de estudio…… 77
5.16 Diagrama de Rosas de la estación E1 (A), E2 (B) y E4 (C)…….. 79
5.17 Diagrama de Rosas de la estación E7 (A) y E12 (B)……. 80
5.18 Mapa geológico del área de estudio…….. 81

LISTA DE TABLAS

Página

5.1 Coordenadas U.T.M de las estaciones……. 58
5.2 Resumen de datos de campo de las estaciones…… 59
5.3 Descripción macroscópica de la roca de la estación E7 E11 y E12……..... 71
5.4 Descripción macroscópica de la roca de la estación E11……. 72
5.5 Descripción macroscópica de la roca de la estación E12. …… 73
5.6 Datos de las estructuras geológicas en los afloramientos de las estaciones E1, E2 E3, E4, E5, y E6…… 74
5.7 Datos de las estructuras geológicas en los afloramientos de las estaciones E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13 y E14……. 75
5.8 Azimut de las diaclasas en estaciones de los afloramientos……. 76

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en la zona geológica en el Complejo de Imataca, perteneciente a la Provincia Geológica de Imataca, que están constituido por las rocas más antiguas en la geocronología del territorio venezolano. En este podemos encontrar gran cantidad de rocas ígneas y metamórficas; entre ellos tenemos, gneises, anfibolitas, entre otros. Que se extiende en la zona de estudio desde el la margen derecha del Orinoco hasta inmediaciones de Ciudad Bolivar, las cuales se encuentran deformados por eventos tectónicos; donde se presentan diversas estructuras, tales como diaclasas, zonas de falla y cizallas, estructuras de cizallas, pliegues de flujo, foliaciones, bandeamientos entre otros.

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación estructural realizada en los afloramientos ubicados en el tramo vial de la Avenida 5 de Julio entre El Orfanato Bolívar – El Barrio Mango asado y el Hotel La Cumbre, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela. DE acuerdo a esto se realizó este trabajo con la finalidad de describir las rocas aflorantes y las estructuras geológicas asociadas a ellas.

Este proyecto está estructurado en 5 capítulos siguiendo los lineamientos del manual del trabajo de grado de la Universidad de Oriente, núcleo Bolívar, donde el primero de ellos es el planteamiento del problema, en el segundo trata de las generalidades del área, en el tercero se refiere al marco teórico utilizada mientras que en el cuarto capítulo establece la metodología aplicada y en el quinto se analizan los resultados obtenidos, para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I
SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La geología de Venezuela incluye antiguas rocas ígneas y metamórficas del basamento precámbrico, estratificadas con rocas sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico y sedimentos cenozoicos gruesos geológicamente recientes con abundante petróleo y gas. Las rocas más antiguas de Venezuela se formaron durante el Precámbrico y ocupan el escudo guayanés en la franja sur del país, cerca de Guyana y Brasil, al este de El Baúl. En la zona occidental del escudo guayanés, dentro del Territorio Amazonas, los granos de circón de la Formación Roraima precámbrica se han fechado con datación con uranio-plomo y datación con rubidio-estroncio. El metamorfismo y la actividad intrusiva formaron gneis con protolitos sedimentarios e ígneos hace alrededor de 1.800 millones de años. Los plutones emplazaron granito y tonalita después de la tectónica de colisión y subducción inferida hasta hace unos 1,550 millones de años. Las rocas volcánicas de la formación se produjeron hace 1,74 mil millones de años. (Olszewski, W. J. Jr; Gaudette, H. E. 1985).

Geológicamente, el estado Bolívar es reconocido por poseer un gran potencial en cuanto a minerales metálicos y no metálicos se refiere, formaciones rocosas, macizos y una gran diversidad geológica que ha llamado la atención de geólogos por el valor natural, estructural y geológico que poseen estas formaciones. Lo cual lo sitúa en un distinguido lugar en cuanto a su importancia de desarrollo geológica (Valles, B. 2013).

El estudio de las rocas en el estado Bolívar, específicamente en Ciudad Bolívar y su entorno natural desde hace décadas ha venido llamando la atención de interesados en el tema por razones económicas, científicas y naturales, cuyo

contexto, se encuentra ubicada dentro de tres unidades litoestratigráficas importantes que representan la geología local de la ciudad: Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos o Aluviones Recientes. (Tellez, F. 2014)

Es de resaltar, que el "Complejo Geológico de Imataca en Ciudad Bolívar, se encuentra cubierto casi en su totalidad por sedimentos detríticos pertenecientes a la Formación Mesa y en menor proporción de sedimentos y aluviones recientes", (Kalliokoski, D. 1965). De allí que es importante conocer que el casco Histórico de Ciudad Bolívar, antigua Angostura, está construido sobre una peña de topografía muy movida, rodeada cercanamente por colinas rocosas donde la tradición española para el trazado de ciudades imperó en la proeza realizada por Don Manuel Centurión y Guerrero al implantar una cuadrícula romana sobre el formidable afloramiento rocoso que estrecha el cauce del río Orinoco en esta parte.

Diversos afloramientos rocosos están en la periferia, de la zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar, donde se encuentran diversos tipos de gneises, con una abundancia notable de feldespato y cuarzo, intrusionado por sills y diques de pegmatita en toda su estructura.

La zona de estudio que comprende entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Imataca, en el estado Bolívar, donde gran parte se ha erigido sobre un relleno sedimentario del Plio-Pleistoceno, conocido también como Formación Mesa. Una de las características de esta Provincia, es que predominan migmatitas, gneises cuarzo feldespáticos bióticos, gneises feldespáticos, que se esperan puedan estar presentes en el área de estudio y a partir de allí, determinar aspectos característicos, que desde el punto de vista geológico y estructural, y puedan aportar información especializada que permita construir un mapa geológico, al mismo tiempo que se reconocen sus

características estructurales, variedad de rocas, formación y origen. (Ascanio, G. 1975)

Esta formación ha sufrido un levantamiento con respecto al nivel del mar, lo que en consecuencia ha creado un paisaje de colinas y mesas que alcanzan en Ciudad Bolívar hasta 140 m de altura. Porque, como se supone, cuando una región se levanta, la tendencia es que los ríos comiencen a excavar verticalmente los materiales por donde ellos discurren. Los datos geológicos de esta área son muy pocos y no se conoce cuáles son las principales estructuras geológicas como fracturas, sistemas de diaclasas y fallas, ni una descripción de las rocas en la zona de estudio, cercanas y perimetrales. (Hernández, S. 2015)

Desde este punto de vista es importante, hacer una caracterización Geológica-Estructural de la Zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar; que pueda aportar información geológica sobre las unidades geológicas, elementos macroscópico - petrográfica de las rocas aflorantes, los rumbos, buzamientos, esfuerzos tectónicos, sus direcciones; patrón de diaclasas local, todo lo cual debe conducir a un mapa geológico de la zona y el conocimiento integral de las unidades litológica.

En este ámbito de estudio, se plantean las siguientes interrogantes de investigación:

1. ¿Cuáles son las unidades geológicas presentes en el área de estudio, con apoyo bibliográfico y recopilación de información en campo?
2. ¿Cuál es la descripción macroscópica - petrográfica de las rocas aflorantes, utilizando las muestras recolectadas en campo?
3. Cómo se presenta en un mapa geológico de las unidades litológicas de la zona de estudio?

4. ¿Cuáles son las características de las estructuras geológicas presentes en las rocas a partir de los datos de rumbo y buzamiento?
5. ¿Cuál es la dirección de los esfuerzos tectónicos que dieron origen a las diaclasas y fallas, analizando los diagramas de rosas?

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar la caracterización Geológica-Estructural de la Zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las unidades geológicas presentes en el área de estudio, con apoyo bibliográfico y recopilación de información en campo.
2. Realizar la descripción macroscópica - petrográfica de las rocas aflorantes de la zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, utilizando las muestras recolectadas en campo.
3. Representar en un mapa geológico las unidades litológicas presentes en la zona de estudio.
4. Determinar las características de las estructuras geológicas presentes en las rocas a partir de los datos de rumbo y buzamiento.
5. Inferir la dirección de los esfuerzos tectónicos que dieron origen a las diaclasas y fallas, analizando los diagramas de rosas.

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación estará orientada a desarrollar la caracterización Geológica-Estructural de la Zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre,

Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela, la cual es presentada como parte de los requisitos exigidos por la Universidad de Oriente para otorgar el título de geólogo; adicionalmente constituye una investigación con la cual se espera obtener resultados relacionados con las características de esta zona geológica, cuyo estudio ha estado limitado en los últimos años por esta, y otras universidades que ofrecen esta carrera o similares.

El estudio geológico y estructural permite comprender los diferentes procesos que influyeron en el origen de los depósitos y deformaciones en el área de estudio, determinar los procesos de deformación resultantes permite interpretar el contexto geo-estructural que afecta al área. La caracterización geo-estructural proporciona datos geológicos que ayudan a determinar los diferentes procesos mecánicos, deformaciones y cinemática que actúan sobre la zona de estudio, además de aportar información para estudios posteriores debido a que en la actualidad existe poca información a nivel regional.

Por otra parte, los estudios o investigaciones que existen de la zona son regionales por lo tanto la información es muy general, entonces se plantea realizar este trabajo y así, aportar información sobre los rasgos geológicos de la misma, tales como tipos de rocas y estructuras asociadas; junto a los elementos geoestructurales y afloramientos, con la idea de generar suficiente información geológica relacionada con la caracterización geológica y estructural de dichas formaciones rocosas, que por sus características petrográficas son consideradas de interés desde el punto de vista del valor geológico.

Así mismo, debido a la escasa información que se tiene del área de estudio, con la presente se podría describir las estructuras que se encuentren en la zona de estudio, los tipos de sedimentos que fueron depositados, los medios de transporte de dichos sedimentos, la geomorfología que se encuentra en la zona, las rocas aflorantes, así como las que puedan estar en profundidad, además de los procesos

que sucedieron en dicho lugar, que brinden datos que puedan servir como referencia para futuras investigaciones.

También, la investigación, trata de cumplir con las actualizaciones de los trabajos previos, representando estas a un beneficio para los proyectos que a posterioridad deseen desarrollar. Del mismo modo, la realización de este estudio va aportar información actualizada sobre grandes afloramientos de rocas graníticas que por sus características geomecánicas, son consideradas de interés en el área geológica.

1.4 Alcances de la investigación

A través de este trabajo de investigación se plantea desarrollar la caracterización Geológica-Estructural de la Zona entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, Avenida 5 de Julio, Parroquia Catedral, Municipio Angostura Del Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela, realizando la descripción de los afloramientos rocosos y la clasificación macroscópica petrográfica y mineralógica de las rocas presentes. Aportar información sobre las estructuras geológicas asociados a los afloramientos, los patrones estructurales de ellas, y dar a conocer la dirección predominante de los esfuerzos tectónicos que las originaron y elaborar el mapa geológico con toda la información de campo, sobre las estructuras y tipos de rocas.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para realizar este estudio se presentó como limitante la poca información sobre estudios geológicos, la falta de laboratorios en la Escuela Ciencias de La Tierra para realizar análisis petrográficos a las muestras de rocas, el costo y falta de recursos económico para realizarlos en laboratorios privados.

CAPÍTULO II
GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

La zona está ubicada a lo largo de la Avenida 5 de Julio, entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, se encuentra entre las coordenadas latitud Norte 08°08´49.5” y longitud Oeste 63°33´04.3”. En el estado Bolívar, Ciudad Bolívar, el municipio Angostura del Orinoco, parroquia Catedral. (Figura 2.1).

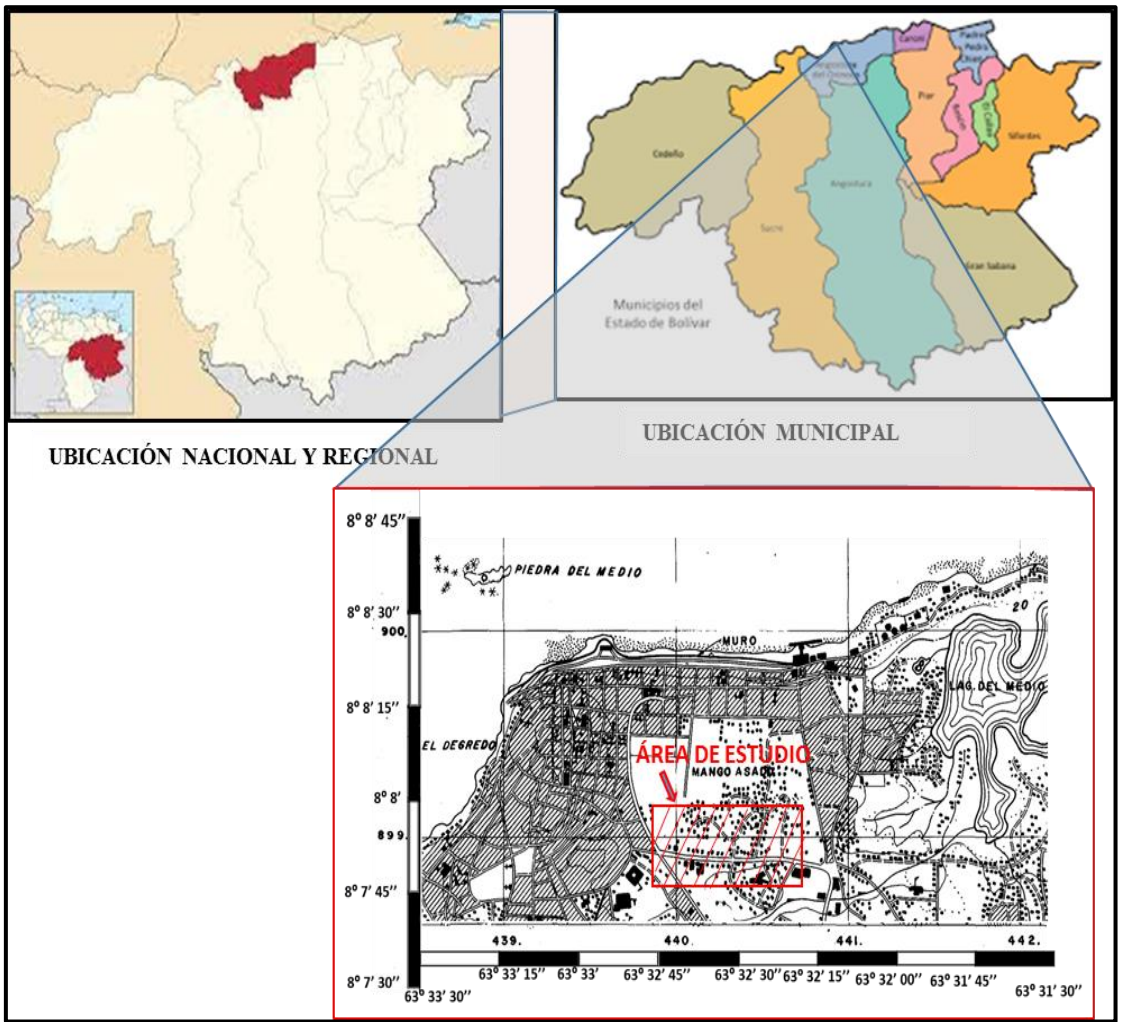


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio**.** Fuente: Hoja cartográfica, Ciudad Bolívar 7440 a escala 1:100000.

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio se realiza por vía terrestre, por la Avenida 5 de Julio desde El Orfanato Bolívar al lado de la Casa San Isidro, de allí se sigue vía hacia el Barrio Mango Asado al Norte, ya sea caminando o en un vehículo, después se regresa a la avenida 5 de Julio vía a la redoma de la fuente Luminosa, y se cruza a la derecha por una carretera angosta, asfaltada hacia las instalaciones del Hotel La Cumbre, el recorrido en total son 2 km (Figura 2.2).

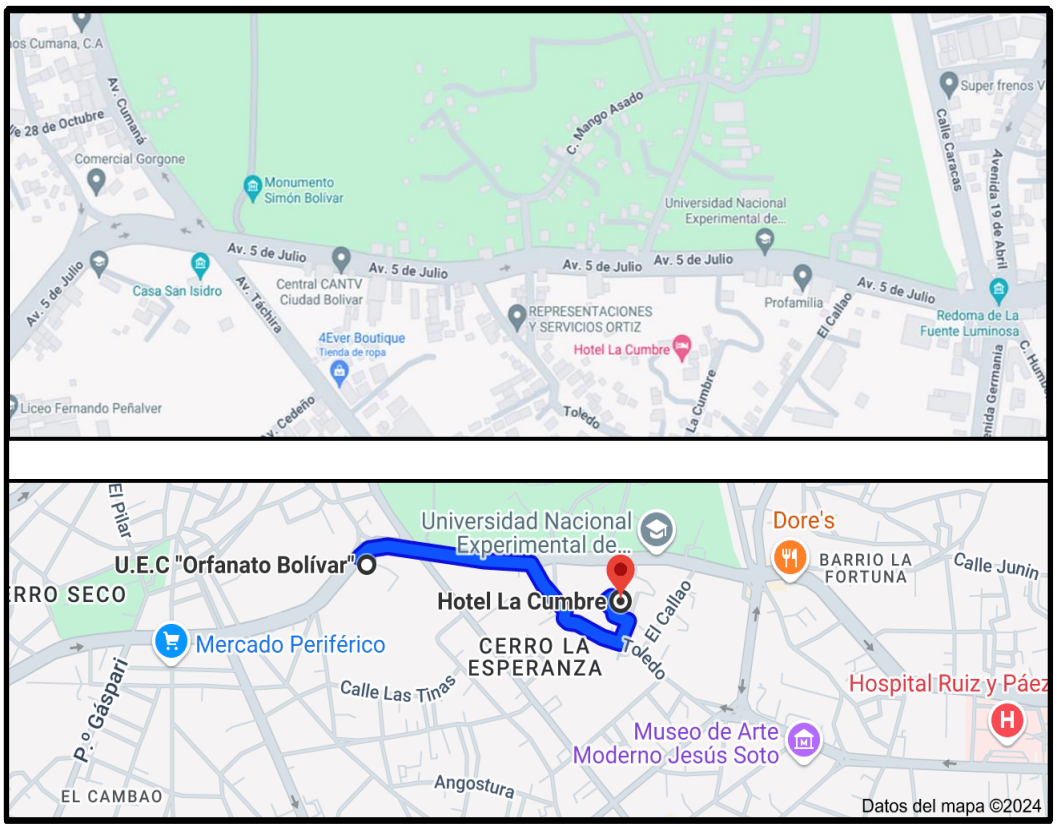


Figura 2.2 Acceso al área de estudio. Fuente: Google Maps (2024).

2.3 Características físico naturales

2.3.1 Clima

Las características climáticas que se muestran a continuación fueron descritas según C.VG TECMIN C.A (1989).

2.3.1.1 Precipitación

El área de estudio cubierta por la hoja NC-20-14, una precipitación total anual promedio de 1400mm. La pluviosidad en el área aumenta en el sentido norte-sur, partiendo de un centro de 800mm localizado en la parte noreste del área hasta alcanzar 2100mm en el sector sur-occidental de la zona. Esta aérea está caracterizada por un régimen unimodal, ya que presenta un solo máximo durante el año.

En la parte norte del área, la temporada de lluvia comienza a partir del mes de mayo y termina en octubre. Junio es el mes más lluvioso con 160mm en el promedio. El volumen de precipitación registrado en la época de lluvia es más o menos el 80% total anual.

La época de sequía abarca los meses de septiembre hasta abril, siendo febrero y marzo los meses más secos del año.

2.3.1.2 Evaporación

De acuerdo a las estaciones Punta Tamarindo y las Babas, las épocas en las cuales se registran los máximos valores de evaporación son los meses de marzo, abril y octubre. Por otra parte, los máximos valores ocurren uno en el mes de junio y otro en el mes de diciembre.

2.3.1.3 Temperatura media

La temperatura media anual para el área cubierta por la hoja NC-20-14, es de 26° aproximadamente, el comportamiento espacial de la temperatura media anual, nos indica que la temperatura media (27.5°) se localizan al norte del área, en las planicies adyacente al rio Orinoco.

En cuanto a la variación anual las curvas de temperatura media anual muestran dos máximos durante el año. El principal ocurre en el mes de mayo y el secundario en septiembre-octubre. Los valores más bajo de la temperatura mínima se registran en los meses enero-febrero.

2.3.1.4 Radiación solar

La radiación anual (directa y difusa) estimada para el área de estudio es de 380 cal/cm por día. De acuerdo a la distribución espacial de la radiación solar media anual, esta disminuye en sentido norte sur desde 410 cal/cm día al norte de punta tamarindo hasta 360 cal/cm día en el sur del área.

Mientras tanto las variaciones anuales de la radiación solar, según la curva de la radiación media anual existen dos épocas durante el año donde se registran los máximos valores.

De acuerdo a la estación Ciudad Bolívar, la variación anual de la radiación es muy pequeña. El primer máximo se registra en el mes de marzo y el segundo en los meses de agosto y septiembre. Por otra parte, en los meses de diciembre y junio ocurren los valores más bajos de la radiación solar media mensual.

2.3.1.5 Insolación

El área de estudio cubierta por la hoja NC-20-14, recibe una insolación media anual de 7,4 horas aproximadamente.

En líneas generales la insolación disminuye desde un centro de 7.8 horas en la parte norte del área entre Moitaco y Ciudad Bolívar hasta 6,6 horas en el sector sur-occidental.

El comportamiento anual de la insolación revela que el mayor valor de hora del sol se produce en los meses de septiembre y marzo. Por otra parte, los mínimos valores de insolación ocurren en los meses de junio, diciembre y enero.

2.3.1.6 Humedad

La humedad relativa media anual para esta zona es de aproximadamente 76%. En el área la humedad relativa en sentido oeste-este, desde un centro de 70% en la parte nor-occidental de la zona hasta alcanzar el 77% en los alrededores del lago de gurí (mapa de isolinea de humedad relativa NC 20-14).

Los máximos valores de humedad relativa se registran durante la época de junio-julio y en el mes de diciembre, marzo-abril y octubre-noviembre.

2.3.1.7 Viento

El viento del área de estudio cubierta por la hoja NC 20-14 está determinado por los alisios, la convergencia intertropical (I.T.C), los efectos orográficos locales y el efecto producido por la presencia del lago Gurí.

El área se estudió se caracteriza porque sus vientos tienen una velocidad anual de 11km/h aproximadamente con una dirección prevaleciente este y este-sureste;

sin embargo, es importante señalar que tal comportamiento de la variable viento no puede ser generalizada para toda el área. Ya que la presencia del lago Gurí ocasiona cierto efecto loca, es por esto que nos encontramos en la estación Ciudad Bolívar, ocurriendo los valores más altos de velocidad de viento en la época de enero a mayo siendo marzo el valor que registra el valor más alto (15.5km/h) a partir de junio hasta septiembre, la velocidad del viento disminuye, ocurriendo el menor valor (8.4km/h) en este último mes; luego la velocidad vuelve aumentar en la época de en la temporada de octubre a diciembre.

La rosa de viento anual de esta estación muestra que la dirección prevaleciente es en sentido este con una frecuencia de 85,8% y una velocidad media para esa dirección 11.2 km.

2.3.1.8 Clasificación climática

- **Clasificación climática según Thornthwaite**

Según los resultados obtenidos por la clasificación climática según Thornthwaite las estaciones Ciudad Bolívar y Punta Tamarindo son representativas estaciones de un clima semiárido, sin exceso de agua mega térmico o cálido. De acuerdo con los balances hídricos, la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial únicamente en los meses de junio y agosto en la estación Ciudad Bolívar originándose así un almacenamiento de agua en dichos meses, que no llega a rebosar la capacidad, no ocurre exceso de agua. En el mes de julio se observa que la utilización de la humedad del suelo en ambas estaciones.

En la estación Ciudad Bolívar el periodo de déficit comienza en septiembre y termina en junio.

- **Clasificación climática según köppen**

El área de estudio cubierta las hojas NC-20-14 y NB-20-2 posee un clima tropical de sabana (Awgi y awgi).

Este tipo climático se caracteriza por presentar una estación lluviosa que tiene su máximo en verano astronómico (junio, julio y agosto) y el invierno es seco y poca precipitación (precipitación media mensual inferior a 60mm). La temperatura media del mes más frio es superior a los 18°C Y La oscilación térmica anual es de 1,8°C en la estación Ciudad Bolívar la época más calurosa ocurre durante el solsticio de verano (g´).

2.3.1.9 Meses secos y meses húmedos

La estación Ciudad Bolívar 9 meses secos y 3 meses húmedos. El periodo lluvioso más favorable comienza en junio y termina en agosto, con un consumo de agua de 452mm.

La frecuencia de años favorables es de 42% y de años deficitarios es de 58%.

2.3.2 Vegetación

En el área de estudio se presenta una forma de vida arbórea, de tipo bosque con altura y densidad media, la humedad del área es de tipo tropofilo con temperatura de tipo macro térmico y un paisaje fisiográfico de tipo planicie (Figuras 2.3 y 2.4).

Figura 2.3 Vegetación arbustiva en la zona de estudio.

Figura 2.4 Paisaje de peniplanicie con vegetación arbustiva.

2.4 Geomorfología

De acuerdo al mapa geomorfológico de Ciudad Bolívar-Ciudad Guayana de Yánez G. (1971) a escala 1:50.000 (Figura 2.5), en la zona de estudio se presentan 3 unidades que son rocas de la Provincia Geológica de Imataca, la Formación Mesa – Miembro Inferior y Aluviones del Reciente.

La Provincia Geológica de Imataca, caracterizado mayormente por rocas graníticas, tales como granitos, gneises, migmatitas, y en mínimo porcentaje cuarcitas y anfibolitas, que geomorfológicamente, presenta colinas bajas de rocas duras, redondeadas o alargadas, según la estructura,, de superficie lisa o cubierta de grandes bloques redondeados, separados por diaclasas, con exfoliación concoidea, con desarrollo de domos de gneises, vegetación boscosa, valles transversales y encañonados. La Formación Mesa en su Miembro Inferior, caracterizado por arenas, limos y arcillas, de origen fluvial, fluvio-deltaicos y lacustre, presenta relieve plano e inclinado, o ligeramente ondulado, aunque uniformemente cubierto por arena de sabana, aumenta el porcentaje de arcilla a medida que se desciende en la topografía, por tratarse d una estructura pseudo horizontal, con valles encañonados sobre arcillas, y planicies aluvionales sobre capas de arenas. Los sedimentos Recientes constituidos por arenas limosas, que son áreas planas alargadas, de planicie aluvional, donde meandra el curso de las aguas en estiaje, con vegetación boscosa de galería y morichales (Yanez G., 1971).

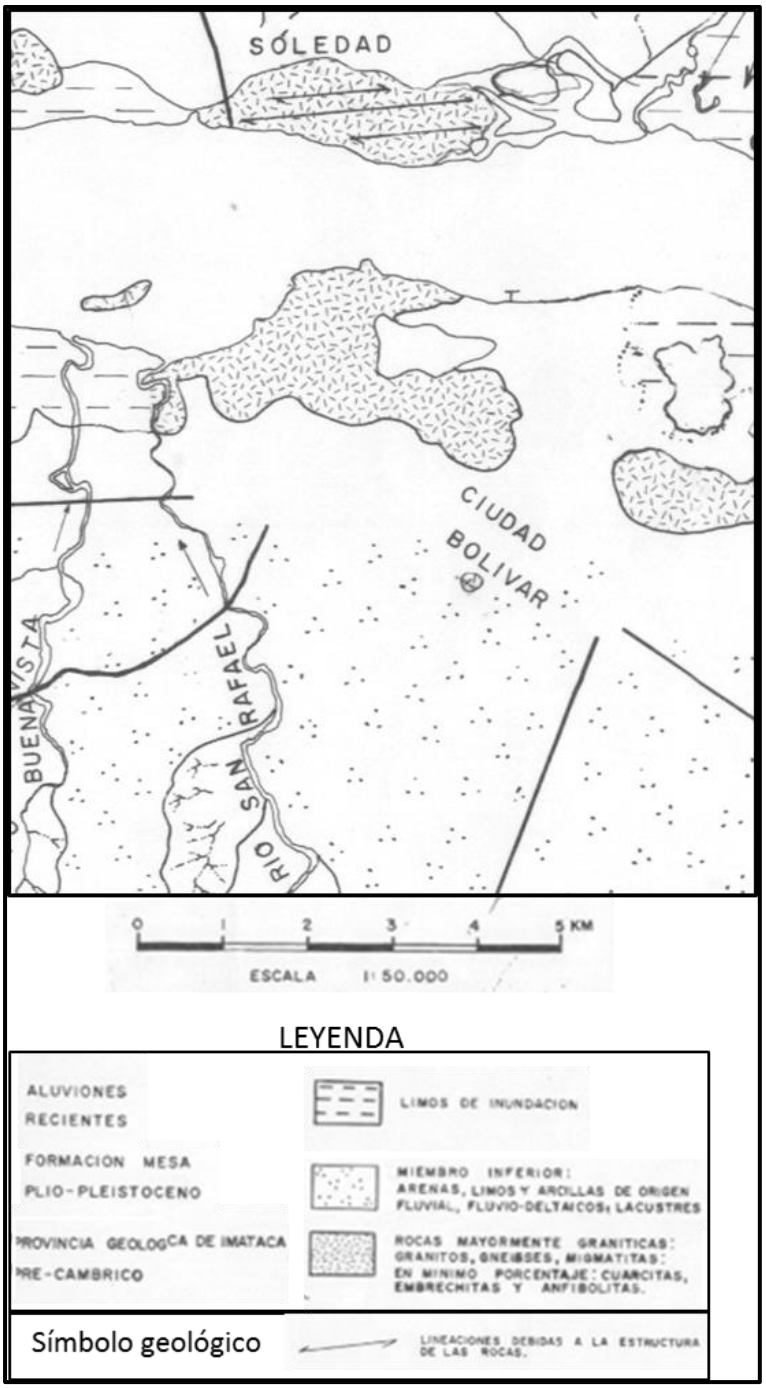


Figura 2.5 Mapa geológico-geomorfológico del entorno del área de estudio. Fuente: Mapa geomorfológico de Ciudad Bolívar – Puerto Ordaz de Yánez G. (1971) a escala 1:50.000.

2.5 Geología regional

La geología está representada por el Complejo de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Reciente.

2.5.1 Complejo de Imataca

El Complejo de Imataca aflora en la parte norte de Ciudad Bolívar se extiende en dirección SW-NE desde proximidades del rio Caura, hasta el Delta del Orinoco aflora desde el curso del rio Orinoco hasta penetrar en el estado Delta Amacuro y hacia al sur limitada con la falla de Santa Bárbara, Guiri y El Pao con una extensión de 570 km N-E y de ancho de 60 a 70 km de espesor, en efecto, la Provincia de Imataca (PI) aflora desde el curso del rio Orinoco hasta la mencionada falla de Gurí, por lo tanto no hay razón para que Imataca se extienda al norte del Orinoco y al oeste del rio Caura (Gonzales De Juana y otros, 1980).

Litológicamente la Provincia de Imataca está formado por gneises graníticos hasta ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosiónales de menos metamorfizados y más jóvenes CRV- TTG gnéisicos. (El Torno-Real Corona) (Mendoza V., 2005).

2.5.2 Formación Mesa

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (Ministerio de Energía y Minas, 2021) en los límites Norte y Sur de la mesa Guanipa (Gonzales Juana 1946), la Formación Mesa consiste de arena de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso; conglomerado rojo a casi negro arenas blanco-amarillentas, rojo y purpura con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limonita, los sedimentos gradan de Norte a Sur de más grueso a más fino al alejarse de las cadenas montañosas; desde parte central de

Monagas al macizo de Guayana, gradan de más fino a más grueso. 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 de Guanipa (Anzoátegui), Tonare y Santa Bárbara (Monagas) y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui) (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

Para la Formación Mesa se ha postulado una edad del pleistoceno, extiende por los llanos centro orientales y orientales (Guárico. Anzoátegui y Monagas) sin embargo se encuentran unos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al Sur del rio Orinoco) (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

2.5.3 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos se conforman de materiales de la degradación de la Formación Mesa y descomposición de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales son transportados y depositados por las aguas de escorrentías y el viento hacia los diferentes ríos de la región. Los materiales comprenden cantos, peñones, gravas, arenas, limos, arcillas, coloides y otras partículas en suspensión que se han depositado desde el holoceno hasta el presente en el fondo del cauce de los ríos, formando depósito de cauce y en época de crecida, originando las barras de meandro y depósitos de inundación (Mendoza, 2004).

Los aluviones de estado Bolívar se encuentran bordeando la margen Sur Norte del rio Orinoco y en algunos de sus afluentes. Se encuentran en contacto deposicional con la Formación Mesa y con el Complejo de Imataca. Estos depósitos constituyen aportes resientes de los ríos y quebradas, es una zona sometida a inundaciones periódicas en las épocas de lluvia formándose sedimentos constituidos por arena, arcilla dando origen a suelos arenosos y en algunos casos se encuentran suelos bien evolucionados. Geomorfológicamente una planicie deposicional no disertada ligeramente disertada e inundable (Mendoza, 2004).

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los estudios que constituyen antecedentes relacionados con el tema de estudio se refieren a aquellos que guardan similitud con el que aquí se presenta:

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

Habanero M. (2022) en el trabajo titulado ´´ CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS UBICADOS A L MARGEN DERECHA DEL RIO ORINOCO EN EL SECTOR CLUB NÁUTICO, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR ´´; las rocas del Complejo de Imataca en el sector Club Náutico en Ciudad Bolívar se encuentran gneis maficos cataclásticos grises, de grano fino a medio, de textura granoblástica compuesto por: microclina 50%, cuarzo 35% plagioclasas 5%, horblenda 10% y biotita 1%; granulitas maficas con colores grises y blancos, de grano grueso con textura granoblástica, débilmente orientada, compuesta por: plagioclasas 30%, horblenda 20% , cuarzo 20% y granate 30%, pegmatita de grano grueso color gris, rosado y blanco, con textura pegmatítica compuesta por microclina 45%, feldespato potásico 20%, cuarzo 13%, biotita 2% y gneis granítico de grano fino de colores gris, rosado y blanco con textura granoblástica compuesta por plagioclasas 35%, cuarzo 40%, microclina 20%, biotita 5%. Este trabajo se utilizó para comparar las características de las rocas y las estructuras geológicas y recopilar información sobre las rocas aflorantes en la zona de estudio.

Bordones Ramón y Lopez Neginoth A. (2023), en el trabajo de grado titulado "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DEL SECTOR DE LA POZA EL SOLDADO, RÍO MARHUANTA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA", citan : Para el logro de los objetivos se recolecto información en 5 afloramientos, ubicadas en el Complejo de Imataca. Y se recolectaron 9 muestras de rocas; de ellas a 6 se les realizó el análisis mineralógico macroscópico con una lupa 10X. Cada estación se ubicó con las coordenadas U.T.M., en huso 20, datum La Canoa; y se midieron los rumbos de las diaclasas, foliación y diques. Se utilizó como cartografía la hoja 7540 (Marhuanta) a escala 1:100.000 y las imágenes de Google Earth. Para procesar los datos de las estructuras se utilizó la aplicación stereonet, y elaborar los diagramas de rosetas; en los cuales se analizaron los sistemas de diaclasas y los azimut que presentan en el área de estudio; procesando información de 4 datos de foliaciones y 12 datos de diaclasas. El mapa geológico se elaboró con datos de campo, utilizó la aplicación de PowerPoint del office 2016 y el Autocad Land y Autocad 2012, para digitalizarlo. Los resultados obtenidos del levantamiento de campo indican la presencia de 2 unidades estratigráficas en la zona: el Complejo de Imataca que se caracteriza litológicamente por gneises cuarzosos - biotíticos – anfibolíticos, gneises biotíticos – cuarzosos, gneises feldespáticos - cuarzosos – biotíticos y gneises cuarzosos – biotíticos; y los suelos residuales de Imataca, que se caracterizan por presentar fragmentos de cuarzo y cuarcitas ferruginosas de 1 a 6 cm de diámetro. Mineralógicamente los gneises cuarzosos - biotíticos – anfibolíticos presentan: Cuarzo 30%, Plagioclasas 30%, Mica biotita 15%, Anfíbol 15% y Piroxenos 10%; los gneises biotíticos – cuarzosos: Mica biotita 40 a 50%, Plagioclasas 30% y Cuarzo 20 a 30%; gneises feldespáticos - cuarzosos – biotíticos: Plagioclasas 30%, Feldespatos 30%, Cuarzo 20% y Mica biotita 20% y los y gneises cuarzosos – biotíticos: Plagioclasas 40%, Cuarzo 35%, Mica biotita 20% y Feldespatos 5%. Las foliaciones en el afloramiento A1 tiene azimut de 78º, en A2 y A3, de 114º y 115º, respectivamente y en A4 de 90º; determinándose que entre los azimut de las foliaciones de la zona, hay con un ángulo entre ellas de 37^0; esta diferencia podría

estar asociado a plegamiento. De acuerdo al diagrama de roseta con todos los datos de campo, en azimut, existen 2 grandes sectores de direcciones predominantes en el área de estudio, de 20^0 a 310^0 y de 80^0 a 100^0. El patrón geométrico de los sistemas de diaclasas es subparalelo, ortogonal y conjugado, y la dirección de los esfuerzos son NW-SE y N-S. En el mapa geológico la unidad del de Complejo de Imataca conformada por gneises cuarzo feldespáticos biotíticos, gneises cuarzo feldespáticos biotíticos anfibólicos y cuarcitas ferruginosas, ocupa el 20% del área de estudio y la unidad de suelos residuales producto de la descomposición de las rocas del Complejo de Imataca ocupa el 80% del área. Este trabajo será utilizado en la metodología a ser utilizada.

Rodríguez Cañas, Mariannys Arcelina (2024) en el trabajo titulado "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA ENTRE EL MIRADOR Y LA UNIVERSIDAD GRAN MARISCAL DE AYACUCHO UBICADOS EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA", cita que para el logro de los objetivos se recolecto información en 10 estaciones, ubicadas en el Complejo de Imataca. Y se recolectaron 8 muestras de rocas; de ellas se les realizó el análisis mineralógico macroscópico con una lupa 10X. Cada estación se ubicó con las coordenadas U.T.M., en huso 20, datum La Canoa; y se midieron los rumbos de las diaclasas, foliación y fallas. Se utilizó como cartografía la hoja 7539 (Ciudad Bolívar) a escala 1:100.000 y las imágenes de Google Earth. Para procesar los datos de las estructuras se utilizó la aplicación stereonet, y elaborar los diagramas de rosetas; en los cuales se analizaron los sistemas de diaclasas y los azimut que presentan en el área de estudio; procesando información de 9 datos de foliaciones y 13 datos de diaclasas. El mapa geológico se elaboró con datos de campo, utilizó la aplicación de PowerPoint del office 2016 y el Autocad Land y Autocad 2012, para digitalizarlo. Los resultados obtenidos del levantamiento de campo indican la presencia de 2 unidades estratigráficas en la zona: el Complejo de Imataca. La composición mineralógica de los gneises monzograníticos es Cuarzo 10-30%, Plagioclasa 22–

30 %, Feldespatos 20-30%, Mica biotita 5-20%, Anfíbol 5-10%; de las granulitas máficas es Plagioclasa 50%, Mica biotita 20%, Anfíbol 20%, Cuarzo 10% y Granate 5%; de los gneis cuarzo monzodiorítico es Plagioclasa 70%, Cuarzo 15%, Feldespatos 10% y Mica biotita 5%; de las pegmatitas de sienita es Feldespatos 50%, Cuarzo 30%, Plagioclasa 15% y Mica biotita 5%. En la zona de estudio las diaclasas verticales tienen rumbo N40°E y norte franco, la foliación con rumbos S70°E, S10°W, N65°E, N52°E y S78°E, y las cizallas fracturas ortogonales con rumbos norte franco y este franco. El patrón geométrico de los sistemas de diaclasas de los diagramas de rosas de 6 estaciones (E1, E1-A, E6. E6-A, E7 y E12), indica sistemas de diaclasas conjugadas y ortogonales, y se determinó que la dirección de los esfuerzos σ1, son NW-SE. Estas direcciones se corresponden con los estudios regionales. De acuerdo al mapa geológico de la zona de estudio predominan las rocas del Complejo de Imataca en un 90 % y la unidad de Sedimentos de Reciente ocupa el 10%. Analizando los sectores del mapa geológico tenemos: al este se encuentra tanto el Complejo de Imataca, conformados por gneises monzoníticos de grano medio grises y rosados, como Sedimentos aluvionales del Reciente conformados por arenas micáceas, de grano medio a fino, marrón claro; en la parte central del área también se encuentra los Sedimentos del Reciente y el Complejo de Imataca, conformado por gneises monzograníticos, gneises cuarzo-monzodiorítico y granulitas máficas; y al oeste, solo el Complejo de Imataca conformado por gneises monzograníticos con pegmatitas de Sienita y granulitas máficas.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Complejo de Imataca

El Complejo de Imataca consiste, en orden de abundancia decreciente, de un conjunto alternante de granulitas plagioclásicas-cuarzo-piroxénicas, granulitas microclínicas-cuarzo plagioclásicas piroxénicas gneis cuarzo-feldespático-cordierítico-granatífero-biotitico-silimaníticografítico y formación de hierro, con

las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfizada, roca rodonítica-granatífera, roca cuarzo-granatífero-grafítica y esquistos hornabléndico-biotítico.

El conjunto está intrusionado por cuerpos de rocas graníticas y de rocas básicas. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas con rumbo este-noreste. Hacia la porción occidental del complejo, se desarrollan domos equidimensionales, muchos de ellos con orientación norte-sur. Los conjuntos mineralógicos en el Complejo de Imataca corresponden, en general, a la subfacies de granulita hornabléndica de la facies granulítica (CHASE 1.965 citado en Léxico Estratigráfico de Venezuela 2021).

En base al mapa geológico de la Hoja NB-20-2, de CVG- TECMIN (1991); en la zona de estudio, se encuentran la unidad estratigráfica pertenecientes a la Provincia de Imataca – El Complejo de Imataca, constituida por la unidad de código 110001, que se caracteriza por gneises con filones pegmatíticos, gneises cuarzo feldespáticos – biotíticos – anfibólicos, gneises félsicos granulíticos, gneises monzoníticos, granitos, pegmatitas, protomilonitas de granito, anfibolitas de grano medio, granulitas félsicas y máficas, y cuarcitas ferruginosas.

3.2.2 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

Las nomenclaturas recomendadas por la Subcomisión para la Sistemáticas de la Rocas Metamórficas (SSRM). Que es la de IUGS. En este sentido la SSRM recomienda el uso de solo tres nombres: nombres raíz: esquistos, gneis y granoblástica (schist, gneis y grano fels). Al mismo tiempo se 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 del metamorfismo.
5. La composición química de la roca.

Los dos primeros son los más relevantes en cuanto 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 de connotaciones genéticas para las termologías usadas para las rocas metamórficas. Por lo que es preciso agregar un sexto criterio, a los antes mencionados: el grado de metamorfismo. Por ejemplo, el termino de esquisto está restringido para rocas de grado de muy bajo a medio, de igual modo una roca de grado bajo compuesta por anfíbol y plagioclasas no podría llamarse anfibolita sino esquisto anfibolitico (Castro, 2015).

3.2.1.1 Clasificación basada en el protolito

El proceso metamórfico no siempre borra totalmente los rasgos texturales y microtexturales 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 y al metamorfismo no se le aplica el metamorfismo meta- en ningún caso. Es común en la literatura geológica el uso de términos como metagabro, metagranito, metadolerita, metabasalto, metagrauvuaca entre otros.

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

Otra forma de referencia al protolito en las clasificaciones es usar los prefijos para u otro para distinguir entre protolito de procedencia ígnea o sedimentarias respectivamente. Se aplica 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 tipio de roca metamórfica. El problema que se presenta es que una misma roca puede ser denominada con varios nombres distintos según el método empleado. Por ejemplo, un esquisto derivado de un protolito sedimentario puede ser denominado como metagrauvuaca según la composición del protolito, como esquisto de grano medio, según la paragénesis mineral o simplemente esquisto siguiendo el criterio estructural.

3.2.2 Diaclasas

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

El origen más aceptado para la formación de las diaclasas tectónicas establece que estas se abren perpendicularmente al esfuerzo principal mínimo -σ3- sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos -σ1- y medio -σ2- siendo la dirección de mayor elongación paralela al esfuerzo principal máximo (σ1) (Fossen, 2010).

3.2.3 Tipos de diaclasas

3.2.3.1 Diaclasas según su apariencia

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

1. No sistemáticas son diaclasas sin una orientación preferida
2. Diaclasas sistemáticas marcan una orientación preferida.
3. Ortogonales son conjuntos de diaclasas con intersecciones de alrededor 90°.
4. Diaclasas conjugadas muestran una intersección entre 30°y 60 °.

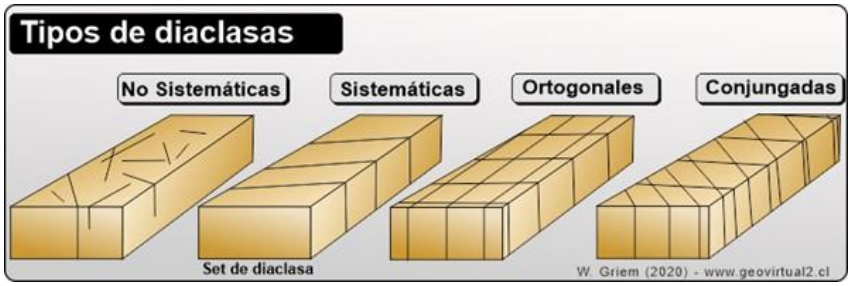


Figura 3.1 Tipos de diaclasas (Wolfgang, G., 2001).

3.2.3.2 Diaclasas según su longitud

Se clasifican en:

1. Maestras
2. Mayores
3. Menores

3.2.3.3 Diaclasas según su importancia relativa y los criterios de trabajo

1. Frecuencia: número de planos de diaclasas intersectados por una línea perpendicular a ella.

2. Densidad: número de diaclasas contenidas en una unidad de área.

3. Espaciamiento: distancia promedio entre los diferentes planos de fracturas, reconocidos a lo largo de una distancia determinada.

3.2.3.4 Familias de diaclasas

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

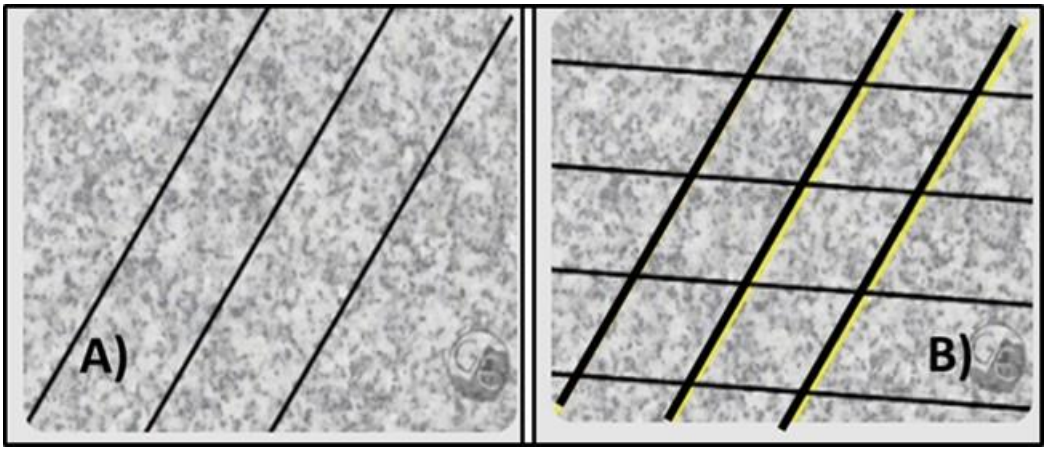


Figura 3.2 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010).

3.2.3.5 Sistema de diaclasas

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

Figura 3.3 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).

3.2.4 Origen de las diaclasas

Las diaclasas no solo se forman por orígenes tectónicos, también pueden formarse como consecuencia en cambios de los sistemas de esfuerzos por factores diferentes (Fossen, 2010).

3.2.4.1 Diaclasa en hoja o exfoliación

Las diaclasas de exfoliación son fracturas que se desarrollan en forma paralela a la superficie topográfica; se forman normalmente como consecuencia de un cambio en el sistema de esfuerzo local por desconfinamiento de las rocas (exhumación), donde el esfuerzo compresivo (perpendicular a la diaclasa) es bajo debido a la gran presión litoestática y, en consecuencia, el esfuerzo paralelo a la fractura es de alta magnitud. Estas diaclasas se han encontrado en varios tipos de rocas de alta resistencia tales como granitos, gneises, areniscas masivas, rocas máficas intrusivas, mármol y basaltos (Van der Plujim y Marshak, 2004).

3.2.4.2 Diaclasas tectónicas

Son aquellas que se forman como resultado de la aplicación de tipo tectónico sobre la roca. Estas estructuras se forman sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos -σ1- y medio -σ2 y se abren perpendicularmente al esfuerzo principal máximo -σ3 (Fossen, 2010).

3.2.5 Zonas de cizalla

Una zona de cizalla puede definirse como una falla que se forma bajo un ambiente de deformación dúctil. Lo anterior implica que la zona de cizalla sufre movimientos iguales a los de la zona de fallas (normal, inverso, dextral, sinestral u oblicuo) provocados por la misma relación de esfuerzos (teoría de Anderson). Las zonas de cizalla se caracterizan por ser superficies tabulares (foliadas) en las que la deformación es noblemente mayor que en las rocas que la rodean y los contactos con dichas superficies suelen ser gradacionales (Van der Plujim y Marshak (2004) en Fossen (2010).

3.2.6 Plegamiento pasivo o de flujo

Plegamiento pasivo ocurre como resultado de amplificación de irregularidades naturales en las capas o como consecuencia de flujo diferencial (Van der Plujim & Marshak, 2004). El plegamiento pasivo ocurre en capas que definen un contraste, actuando como marcadores que registran la deformación, pero que no ejercen influencia alguna en la forma del pliegue y en el proceso de plegamiento (Fossen, 2010) (Figura 3.4).

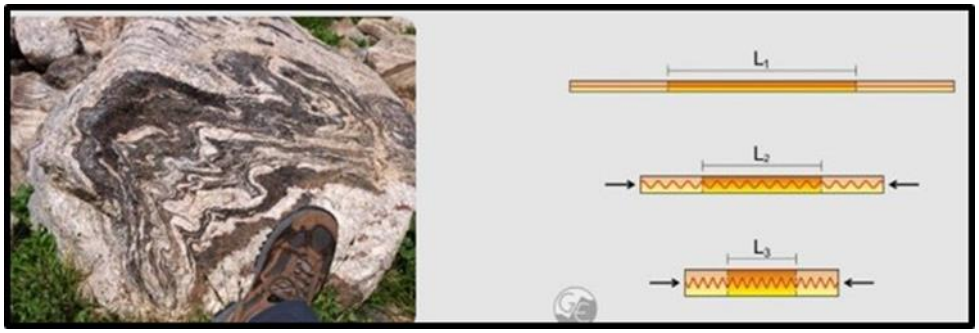


Figura 3.4 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010).

3.2.7 Indicadores cinemáticos (complejos porfiroblasto-cola)

Los complejos porfiroblastos-cola consisten de un porfiroblasto que actúa como cuerpo rígido que, al ser sometido a deformación plástica genera unas zonas de ¨sombra¨ paralela a la foliación de la milonita, compuesta por grano de menor tamaño (recristalizados o no), cuya geometría general permite definir el sentido de movimiento de la zona de cizalla (Fossen, 2010) (Figura 3.5).

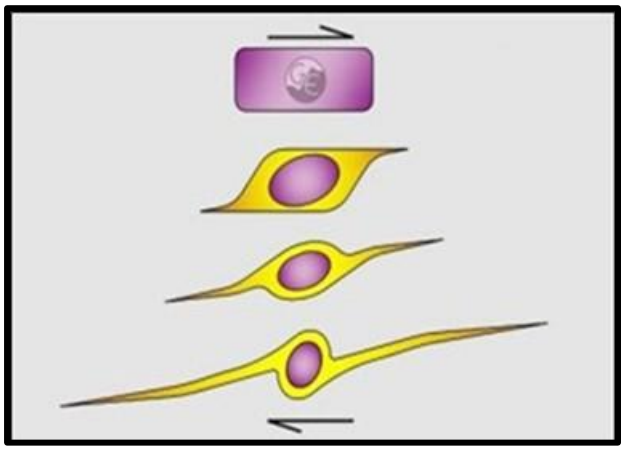


Figura 3.5 Porfiroblastos-cola (Fossen, 2010).

3.2.8 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos, asociadas a fallas y asociadas a zonas de cizalla frágil – dúctil

En el caso de diaclasas en zonas de fallas, forman un patrón con respecto al esfuerzo máximo σ1, de diaclasas conjugadas con un ángulo de 60^0 entre ellas, 30^0

con respecto a σ1; y en el caso de zonas de cizallas en frágil - dúctil, forman un ángulo entre ellas entre 40^0 y 13^0, que sería entre 20^0 y 65^0 con respecto a σ1 (Figura 3.6) (Jiménez, 2016).

3.2.9 Medida de las direcciones características de las diaclasas

Se toman datos de orientación en el campo de poblaciones de diaclasas y luego se tratan estadísticamente para ver su distribución de frecuencia y se representan gráficamente en histogramas, rosetas, red estereográfica, para el análisis. En la figura 3.7, se observa la representación de 249 datos con direcciones entre 0 grados de azimut y 180 grados, y con varias opciones de ancho de los sectores de frecuencia, que son de 4^0, 5^0 y 6^0 (Jiménez, 2016).

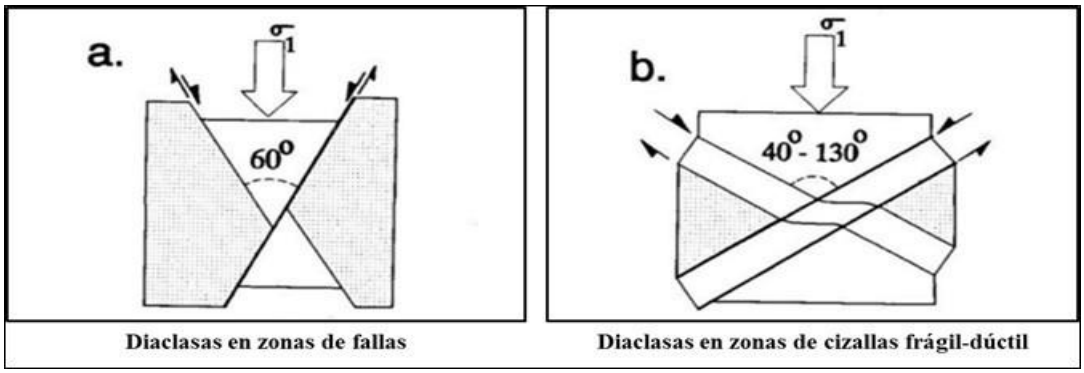


Figura 3.6 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez, 2016).

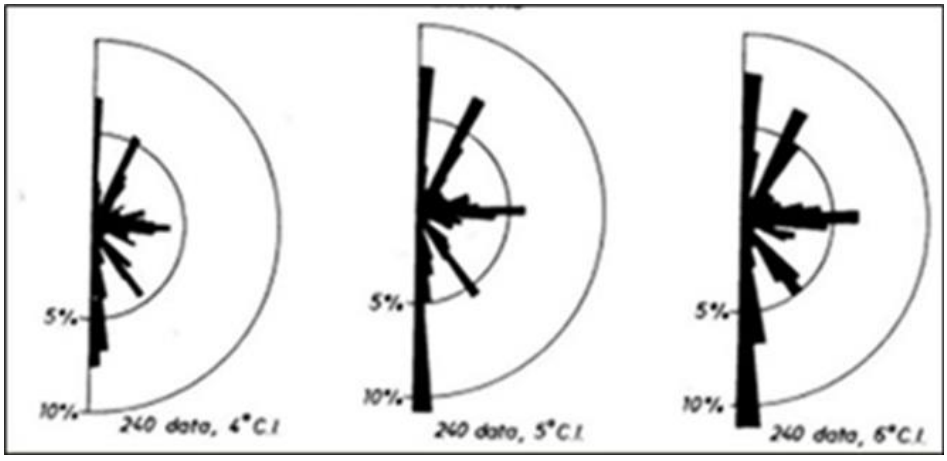


Figura 3.7 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez, 2016).

3.2.10 Diagrama de Rosas o Roseta

Es un histograma circular que muestra los datos de dirección y la frecuencia de cada clase. En geología estructural los diagramas de rosa se utilizan para trazar la orientación de las diaclasas, fallas, lineaciones y los diques. Una roseta de diaclasas es un histograma de forma redonda 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 buzamiento o la dirección. Con los rangos de azimut al margen del circulo desde arriba (Norte o 0º) hacia abajo (Sur o 180º) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respeto a un rango se encuentra en el eje desde el centro como 0%, y hacia al margen como 100% (Figura 3.8) (Wolfgang, G., 2001). .

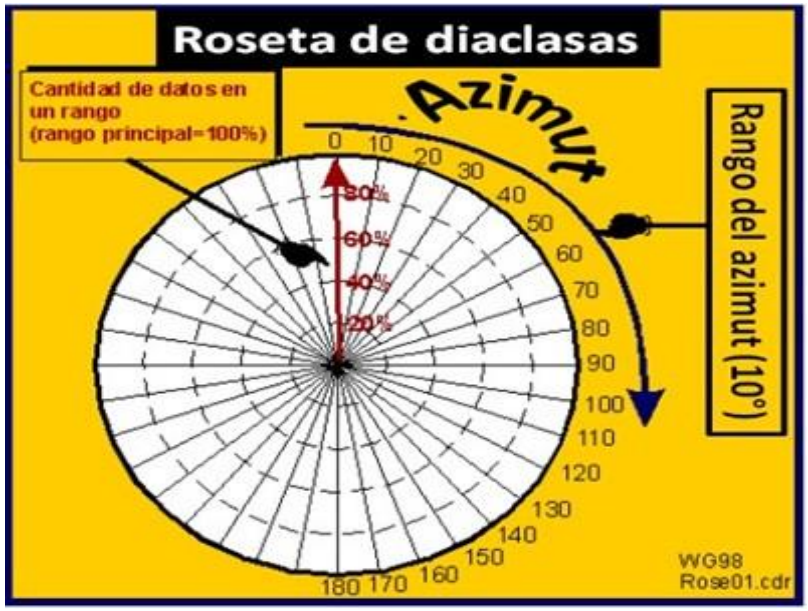


Figura 3.8 Roseta de diaclasas (Wolfgang, G., 2001).

3.3 Diagrama de rosas

Se define como un diagrama sencillo para visualizar las direcciones de los rumbos generales de estructuras tabulares (diques y vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el manteo o

dirección de inclinación. En conclusión, se describe este diagrama como un histograma de forma redondo. Significan los rangos del rumbo se ubican al margen desde arriba el circulo (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj (Bustos D., 2015).

3.3.1 Objetivo del Uso de la Roseta de Diaclasa

Una roseta de diaclasa es 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 manteo y dirección de inclinación. En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda. Significa los rangos del rumbo se ubican al margen del circulo de arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en el sentido de reloj. La cantidad de los datos respecto a un rango se encuentra en el eje desde el centro (como 0%) hacia al margen (como 100%). Solamente es necesario calcular la mitad de los rangos (el medio circulo) porque el rumbo es un elemento bidireccional y automáticamente cubre el rango opuesto es decir el rango de diferencia (180°) lado opuesto se marca igualmente (Griem W., 2020).

3.3.2 Procedimiento para confeccionar una roseta

Para confeccionar una roseta se necesitan una base de datos tectónicos (alrededor de 200 datos). Además, existen programas computacionales que calculan este tipo de programa automáticamente, pero sería mejor siempre verificar los resultados porque existen varios tipos diferentes de este tipo de diagrama. Además, existen tres tipos de notaciones para datos tectónicos. Lo mejor sería verificar que tipos de datos espera el computador y que tipo de roseta va a confeccionar. Para eliminar errores graves se recomienda la confección de una roseta gráficamente y comparar resultados (W. Griem 2020).

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Diaclasas

Son fracturas a lo largo los cuales no han producido desplazamientos apreciables. Suelen aparecer en grupos con orientaciones aproximadamente paralelas y son consecuencias de fracturación frágil de la roca localizada en corteza terrestre más externa. (Tarbuck, E y Lutgens, F., 2005).

3.4.2 Diaclasas según su apariencia

Las diaclasas se pueden diferenciar por su conjunto, su apariencia en sets o grupos (Figura 3.9) (Wolfgang, G., 2001).

1. No sistemáticas son diaclasas sin una orientación preferida
2. Diaclasas sistemáticas marcan una orientación preferida.
3. Ortogonales son conjuntos de diaclasas con intersecciones de alrededor 90°.
4. Diaclasas conjugadas muestran una intersección entre 30°y 60 °.

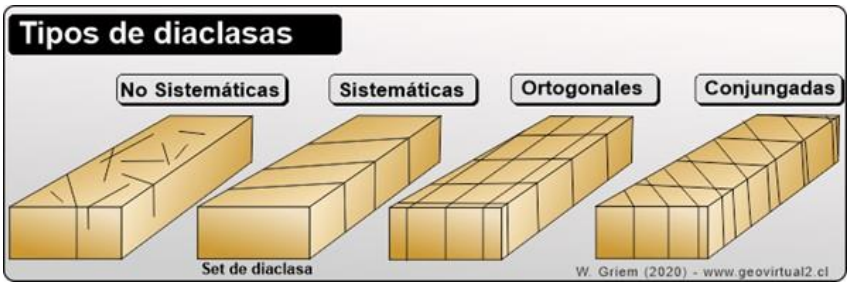


Figura 3.9 Tipos de diaclasas (Wolfgang, G., 2001).

3.4.3 Familias de diaclasas

Se define una familia de diaclasas como un arreglo de diaclasas que son paralelas o subparalelas (Geologiaestructural.com., 2020). Son un grupo formado

por todas las diaclasas sistemáticas que aparecen en una región (Figura 3.10) (Fossen, 2010).

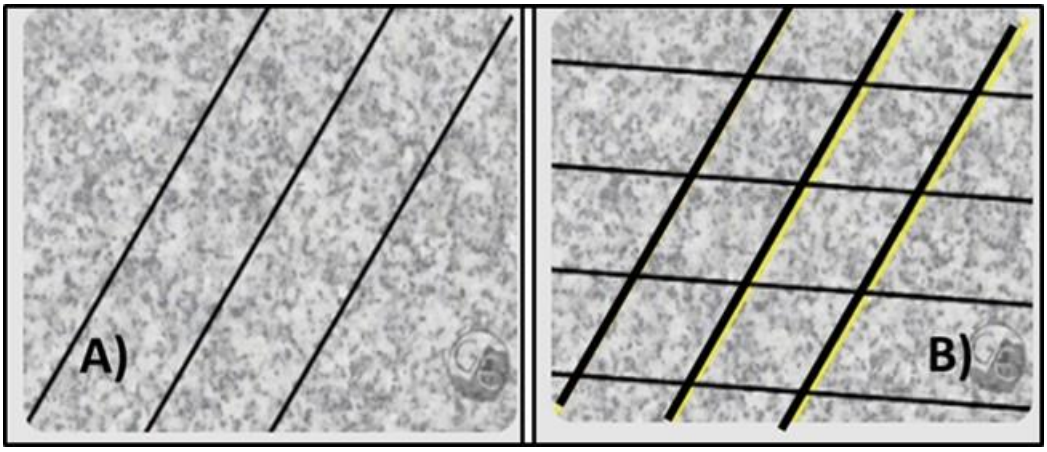


Figura 3.10 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010).

3.4.4 Sistema de diaclasas

Se define un sistema de diaclasas como dos o más familias de diaclasas que se interceptan a un ángulo aproximadamente constante. Si son ortogonales, se habla de sistema ortogonal de diaclasa, si hacen ángulo de 30° o 60° se habla de sistema conjugado de diaclasa (Fossen, 2010) (Figura 3.11).

Figura 3.11 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).

3.4.5 Origen de las diaclasas

Las diaclasas no solo se forman por orígenes tectónicos, también pueden formarse como consecuencia en cambios de los sistemas de esfuerzos por factores diferentes (Van der Plujim y Marshak, 2004).

3.4.6 Rumbo y buzamiento

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

3.4.7 Zona de cizalla

Puede definirse sencillamente como una falla que se forma bajo un ambiente de formación dúctil (Fossen, H 2010). Lo anterior implica que as zonas de cizalla sufren movimientos iguales a los de la zona falla (normal, inverso, destral, siniestrar u oblicuo) provocados por la misma relación de esfuerzos (Teoría de Anderson).

3.4.8 Clasificación de las fracturas

Pueden ser clasificadas en diaclasas (o fracturas de apertura) fallas y venas o diques (Fossen H., 2010).

3.4.9 Fallas, zonas de falla y zonas de cizalla

Existen tres conceptos fundamentales relacionados entre sí: falla, zona de falla y zona de cizalla (McClay, 1987; Davis y Reynolds, 1996 en Oyarzun R. y Doblas M., 2023), utilizados a veces de manera indistinta y de manera incorrecta.

Una falla es por definición una fractura frágil a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento visible, en general paralelo a la superficie de la misma. Por su parte una zona de falla se encuentra compuesta por innumerables superficies de falla frágiles, subparalelas e interconectadas, estrechamente espaciadas conteniendo zonas de brecha o fault gouge.

Una zona de cizalla puede definirse de manera simple como una falla que se forma bajo un ambiente de deformación dúctil (Fossen H., H. 2010). Lo anterior implica que las zonas de cizalla sufren movimientos iguales a los de las zonas de falla (normal, inverso, dextral, sinistral u oblicuo) provocados por la misma relación de esfuerzos (Teoría de Anderson).

La zona de cizalla corresponde a una ancha zona de deformación generada bajo condiciones dúctiles a dúctiles-frágiles. Digamos además que una zona de cizalla grada hacia arriba hacia una zona de falla. Las rocas son deformadas frágilmente en los niveles superiores de la corteza terrestre y dúctilmente en lo inferiores. La profundidad a la que la deformación pasa de frágil a dúctil es conocida como la transición dúctil-frágil y generalmente se encuentra a unos 10-15 km bajo la superficie (Sibson, 1990 en Oyarzun R. y Doblas M., 2023).

En dicha transición se desarrollan ambos tipos de deformación, mientras que por encima o por debajo la importancia relativa de una de estas disminuye progresivamente. De cualquier manera los 10-15 km antes mencionados deben ser solamente considerados como un referente general solamente, ya que zonas deformación dúctil pueden desarrollarse a profundidades menores bajo condiciones de un gradiente geotérmico anómalmente alto (magmatismo activo, actividad hidrotermal de alta T generalizada, etc), y también pueden darse deformaciones frágiles en profundidad como respuesta a movimientos sísmicos bruscos.

3.4.10 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).

3.4.11 Diques

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

3.4.12 Foliación

Es un término general empleado para describir una fábrica planar o curviplanar en una roca (Van der Plujim y Marshak, 2004).

3.4.13 Textura porfidoblástica

Las texturas porfidoblástica se desarrolla en una gran variedad de tipo de rocas y de ambientes metamórficos cuando los minerales del protolito recristalizan y forman nuevos minerales. Durante la recristalización algunos minerales metamórficos como el granate, la estaurolita, andalucita desarrollan invariablemente una pequeña cantidad de cristales muy grandes. Por el contrario, los minerales como la muscovita, la biotita y el cuarzo suelen formar una gran cantidad de granos muy pequeños, por consiguiente, cuando el metamorfismo genera los minerales granates, biotita y muscovita en el mismo ambiente la roca contendrá cristales grandes (Porfidoblastos) de granate embebido en una matriz de grano fino compuesta e biotita y muscovita (Tarbuck E Y Lutgens F., 2005).

3.4.14 Factores que controlan en metamorfismo

Los factores fundamentales para el metamorfismo son el calor, la presión (esfuerzo) y fluidos químicamente activos. Durante el metamorfismo la roca suele estar sujeto a tres factores, pero el grado de metamorfismo y contribución de cada factor varia con el ambiente metamórfico (Méndez J, 2006).

1. Calor: es el factor metamórfico más importante; ya que proporciona la energía que impulsa los cambios químicos que resultan en la recristalización de los minerales. La temperatura aumenta con la profundidad. Sin embargo, cerca de la superficie la roca puede ser sometida a una gran temperatura y calor cuando son penetradas y modificadas por material magma que asciende. (Méndez, J. 2006).

2. Presión y esfuerzo: la presión aumenta con la profundidad y las rocas enterradas son sometidas a una fuerza o un esfuerzo cada vez mayor ejercida por la carga de encima. Esta presión de confinamiento es similar a la presión hidrostática, donde la fuerza se aplica en todas las direcciones. A demás de presión de confinamiento las rocas son sometidas a fuerzas tectónicas direccionales, denominadas esfuerzos diferenciales durante la formación de montañas. Estos esfuerzos diferenciales son de tipo compresivo cuando actúan para acortar el volumen de la roca y de tensión cuando alargan o separan las masas rocosas (Méndez, J. 2006).

3. Fluidos químicamente activos: el fluido más importante como factor de cambio es el agua; ya que contiene iones en solución. El agua se encuentra en los poros y fracturas, hidratando muchos minerales (tienen agua asociada mediante enlaces químicos). Durante el enterramiento profundo, la compactación cada vez mayor de las rocas promueven la expulsión del agua y se originan las reacciones químicas del entorno. Las rocas hidratadas son deshidratadas por calentamiento y el agua liberada actúa como un catalizador al promover la liberación iónica. En

algunos casos el agua promueve la recristalización de nuevos minerales (Méndez, J. 2006).

3.4.15 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).

3.4.15.1 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).

El gneis es una roca metamórfica foliada identificada por sus bandas y lentes de composición y mineral variable. Algunas de estas bandas (o lentes) contienen minerales granulares que se unen en una textura entrelazada. Otras bandas contienen minerales laminados o alargados que muestran una orientación preferida que es paralela a las bandas generales en la roca. Es esta apariencia y textura con bandas, más que la composición, lo que define a un gneis. Estas bandas suelen ser de color claro y se alternan con bandas de minerales de color más oscuro con hábitos laminados o alargados. Los minerales de tonalidades oscuras a veces exponen una orientación determinada por la ejecución de la presión asociada al metamorfismo. (Geotecnia Fácil, 2023).

3.4.15.2 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 (orto anfibolitas) y margas (para anfibolita) (Bard, P.J., 1985).

3.4.15.3 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).

3.4.15.4 Migmatita

Es una roca metamórfica formada por anatexis que conserva evidencia de fusión parcial a escala microscópica a macroscópica y, generalmente, es heterogénea. Las migmatitas representan la transición de rocas metamórficas a ígneas en el ciclo de las rocas.

La fusión parcial o anatexis ocurre en facies de anfibolita superior a granulita, y el incremento de temperatura se genera a través de reacciones de descomposición de minerales hidratados (Geotecnia Fácil, 2023).

Las distintivas bandas claras y oscuras (similares a las que se ven en gneis) así como el plegamiento que se encuentra comúnmente en esta roca es el resultado de la fusión parcial, así como del metamorfismo y la deformación de alto grado.

La migmatita es una roca de silicato, heterogénea con propiedades de rocas ígneas y metamórficas. Por lo general, la roca contiene capas alternas más claras (leucosomas, compuestos de minerales de color claro como cuarzo, feldespato y moscovita) y capas más oscuras (melanosomas, compuestos de minerales de color oscuro como anfíbol y biotita).

3.4.15.5 Pegmatita

Las pegmatitas en las migmatitas de desarrollo regional, han sido interpretadas de diversa manera; como producto de inyección magmática (con o sin metasomatismo simultáneo) como materiales expulsados de la roca huésped como resultado de fusión parcial (anatexis) o como concentraciones de sílice, alúmina y álcalis, formadas por difusión iónica a través de rocas sólidas (Toselli Alejandro J., 2010).

Asimismo, como los plutones graníticos se han formado por intrusión de magmas ácidos, predecesor, por lo se las interpreta como productos de la cristalización de magmas graníticos acuosos, en sistemas cerrados, cuyas últimas fracciones enriquecidas progresivamente en agua, son concentradas hacia el interior del cuerpo, de manera que el núcleo representa la etapa final de una cristalización en la participa una fase acuosa gaseosa.

La concentración en constituyentes volátiles como condición necesaria para el desarrollo de las pegmatitas, es atribuida al desarrollo de una fase líquida residual, de bajo punto de fusión que se concentra en las etapas finales de la cristalización del magma acido (Toselli Alejandro J., 2010).

La composición mineralógica de las pegmatitas está principalmente formada por cuarzo, feldespato y mica. Sin embargo, también pueden contener otros minerales como circón, apatita, fluorita, turmalina, topacio, aguamarina y

columbita. Los porcentajes aproximados de los minerales en las pegmatitas son: Plagioclasa: 5%, Feldespato alcalino: 55%, Cuarzo: 40%.

3.4.15.6 Granulitas

Roca metamórfica de Textura maciza, granoblástica, raramente orientada, mineralógicamente contiene ortopiroxeno, cuarzo, plagioclasa, granate, feldespato alcalino, cianita, alto contenido en piroxeno, diópsido o hiperstena, de grano grueso, puede ser bandeada, pero no esquistosa; asociada a presión y temperatura alta (Geoaprendo, 2014). Las granulitas en sentido estricto se definen como rocas cuyo protolito era una roca básica, en este caso se podría considerar a este protolito como un gabro, y que ha sufrido un proceso metamórfico a unas condiciones de grado metamórfico alto, 500 a 700 ºC .

Las granulitas se clasifican como un tipo de roca metamórfica, específicamente dentro de la categoría metamórfica de alto grado. Se caracterizan por su textura de grano fino y la presencia de minerales que han sufrido una recristalización, dando como resultado el desarrollo de texturas granulares. Los minerales en las granulitas a menudo exhiben formas cristalinas distintas y pueden mostrar una orientación preferida. La clasificación de las granulitas se basa en el conjunto y composición de minerales (Geologyscience, 2023).

Algunos tipos comunes de granulitas incluyen (Geologyscience, 2023).

1. Granulita de ortopiroxeno: Dominado por el ortopiroxeno, con otros minerales como el granate y biotita.
2. Granulita de piroxeno: Contiene piroxeno como mineral dominante, junto con otros minerales como plagioclasa y granate.
3. Hornblenda Granulita: Dominado por hornblenda (anfíbol), a menudo con plagioclasa y granate.

4. granito Granulita: Contiene una importante cantidad de feldespato, además de otros minerales como cuarzo y biotita.

3.4.15.7 Granulitas máficas

Las granulitas se caracterizan por su textura granuda (de ahí su nombre). El termino granulita hace alusión a una facies metamórfica de alta temperatura caracterizada por una paragénesis dominante anhidra; es decir desprovista de minerales hidratados como anfíboles y micas. son rocas abundantes en las partes profundas de la corteza continental (Castro A., 2015).

3.4.15.8 Sienita

Es una roca ígnea de grano grueso que se compone principalmente de feldespato alcalino y varios minerales ferromagnesianos (rocks.comparenature, 2023).

3.4.15.9 Monzogranito

Es un tipo de roca ígnea graníticas de biotita, que se consideran el producto del fraccionamiento final del magma (rocks.comparenature, 2023).

3.4.15.10 Monzodiorita

Es una roca plutónica, es decir se cristalizo en la profundidad, protegida por la roca de caja. Principalmente contiene plagioclasas, en menores cantidades de feldespatos alcalinos. Algunas veces se pueden encontrar trozos de rocas extraño adentro de una roca plutónica (vienen de la caja; se cayeron en el magma). Forma de afloramiento de una roca intrusiva. Tiene una composición principalmente de plagioclasas y feldespatos alcalinos. (https://www.geovirtual2.cl)

3.4.16 Análisis mineralógico

El análisis mineralógico es una técnica de investigación geológica de laboratorio, comprometido a la obtención de datos mineralógicos necesario para la evaluación y aprovechamiento de las materias primas minerales (Pérez, J., 2015).

3.4.17 Mapa geológico

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

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Según el propósito que persigue la investigación

La presente investigación se define según su propósito como Investigación Aplicada de acuerdo con Balestrini (2012) La investigación es aplicada si los conocimientos a obtener son insumos necesarios para proceder luego a la acción, por lo que el propósito del trabajo busca la resolución del problema, es decir, los resultados aportados a la investigación implementan técnicas y estrategias para enfrentar y solucionar el problema. (p. 18). En relación a la cita anterior, se puede asumir que el presente estudio, es aplicado en la medida se aplican los conocimientos adquiridos en la carrera para indagar sobre el objetivo general de esta investigación, para eso se realiza una investigación aplicada desarrollando todos los objetivos planteados y cumpliendo el objetivo principal tomando en cuanta técnica de documentación e investigación.

4.1.2 Según el nivel de conocimiento a obtener con la investigación

De acuerdo al nivel de conocimiento a obtener con la investigación, ésta se ubica en un nivel de tipo descriptiva**,** en correspondencia con el planteamiento de Balestrini (2012) que expresa: "La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.". (p.89).

Como investigadores el trabajo consiste en realizar la descripción de situaciones y eventos. Los estudios tienen la finalidad de especificar las propiedades más relevantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que

pueda ser sometido a un análisis. Basado en el tipo de investigación se puede decir que es de carácter descriptiva, debido a que el trabajo consistirá en la caracterización Geológica-Estructural del área a estudiar.

Es así, como la investigación se plantea como descriptiva porque se basa en la descripción de aspectos característicos de una realidad para analizar y determinar sus rasgos sobresalientes, en donde se analizan e interpretan datos que permiten determinar aspectos de una situación particular en forma objetiva para así poder diagnosticar posibles consecuencias y hacer sugerencias para mejorar dicha situación con fines prácticos, relacionados con la investigación.

4.2 Diseño de investigación

4.2.1 Según la estrategia empleada para la recopilación de información

Por último, ésta investigación se define según la estrategia empleada para la recopilación de información como de campo, por cuanto se afianza en la aplicación de instrumentos para obtener datos e información de una realidad concreta que se pretende, sin manipular directamente las variables. Corresponde así, con un diseño, porque entre sus estrategias trata de dar explicación a un fenómeno como lo es la temática de esta investigación.

Con respecto al diseño de campo, Sabino (2013), lo define de la siguiente forma: “son los que se refieren a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad” (p.89). Por lo que este tipo de investigación permite en este estudio establecer una relación entre los elementos teóricos y la realidad práctica ofreciendo así una mayor ventaja sistematizar y clasificar los hechos de esta realidad a partir de los elementos conceptuales. Esta investigación es de campo debido a que es necesario recolectar muestras del área de estudio, como tipos de rocas, de sedimentos y estructuras geológicas.

De igual manera, la investigación posee un diseño documental al considerarla Balestrini (2012) como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, critica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales; impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte a nuevos conocimientos”. (p.27) Con referencia a lo anterior, esta investigación es documental, ya que se procederá a la consulta de diferentes fuentes de información escrita, bibliográfica y electrónica relacionados al equipo sinfín, que arroje luz de interpretación y conocimientos relacionados con el tema de estudio.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Arias, F (2012) “la población o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos de características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

La población de esta investigación serán los afloramientos del sector entre el Orfanato Bolívar y el hotel La Cumbre, en Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra, según Sabino, (2013), explica “Es una parte del universo y que sirve para representar las características de este”. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”. Representada por la descripción de los afloramientos rocosos del Complejo de Imataca en 14 estaciones trabajo, con la recolección de 6 muestras de rocas.

4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Arias, F. (2012) Cita que "las técnicas de recolección de datos son de distintas formas o manera de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuestan en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario) la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido etc."

Las técnicas de recolección de datos son el conjunto de reglas y procedimientos que permiten al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación, es decir el cómo se debe asumir el conocimiento, análisis y evaluación de una situación particular.

4.4.1.1 Observación directa

Al respecto Arias (2012), define la observación directa como: "Es una técnica que permite 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". Mediante esta técnica se podrán observar las características

4.4.1.2 Revisión documental

Según Gálvez Toro (2002), "la revisión documental como: un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea ingenieril, de gabinete investigadora o de gestión". (p.89) Esta técnica se basará en la exploración/consulta de diferentes fuentes (tesis, documentos, libros, manuales, entre otros) la cual será de utilidad para la

recolección de toda la información necesaria para la realización del trabajo de grado.

4.4.1.3 Consultas académicas

Desde la perspectiva de Sánchez (2004), las consultas académicas "se refieren a consultas al tutor académico, con el fin de establecer los parámetros de estudios, obtener orientación de los pasos a seguir para atacar el problema y aclarar dudas referentes al trabajo" En este caso investigativo, esta técnica permitirá la consulta de fuentes de información escrita con la finalidad de sustentar teóricamente el estudio.

4.4.1.4 Análisis macroscópico petrográfico de muestras de rocas

Consistirá en la descripción sistemática de las muestras de rocas, en forma de muestras de mano usando lupa estereográfica y lupa 10 X, para conocer la composición mineralógica, y así realizar la clasificación de las rocas y asignarle un nombre.

4.4.2 Revisión bibliográfica y cartográfica

En cuanto a la revisión bibliográfica se consultaron libros y páginas web sobre definiciones de términos y clasificaciones, técnicas que se sirvieron de ayuda para obtener datos relacionados con la geología y antecedentes de estudios previos.

4.4.3 Instrumentos para recolección de datos

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

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizó la siguiente instrumentación:

- GPS (Garmin MAP 76CS).
- Brújula geológica (Brunton).
- Mandarria de 5 Kg
- Lupa de Geólogo: 10X.
- Hoja cartográfica del área de estudio 7440 (Ciudad Bolivar) a escala 1:100. 000.
- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo.
- Bolsas plásticas para muestreo.

En el trabajo de oficina se utilizarán los siguientes elementos:

- Computador.
- Imágenes satelitales.
- Base de datos en Excel.
- Graficación digital: Software Estereonet y Autocad.
- Hoja cartográfica a escala 1:100.000.
- Mapa geológico del estado Bolívar.

4.5 Técnicas de la ingeniería a utilizar

4.5.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica

En esta etapa se recopilo y analizo toda la información necesaria sobre la zona de estudio, que permita su posterior comprobación en campo. Entre estas actividades se encuentran:

1. Recopilación y revisión de material bibliográfico de la zona de estudio: Tesis de Grado, libros, Congresos, Informes, Boletines, Seminarios.
2. Recopilación e interpretación del material cartográfico a escala.
3. Recopilación e interpretación de las imágenes satelitales que cubren la zona.

4.5.2 Chequeo de campo

La ejecución de las labores de campo implicará realizar, tanto en forma previa como en forma paralela a la ejecución de las tareas de campo, las actividades de socialización pertinentes ejecutadas con profesionales especializados y con los propietarios de los terrenos de la zona de estudio.

En esta etapa se realizará el levantamiento de campo con el fin de obtener observaciones y mediciones que permitan elaborar un mapa geológico, recolección de muestras a través de levantamiento geológico y estudios petrográficos.

4.5.3 Memoria explicativa

Interpretación de resultados de laboratorio de muestras seleccionadas y analizadas para diferentes propósitos cartográficos. Procesamiento e integración de información cartográfica, fotogeológica y de levantamiento de campo para representar un mapa geológico de superficie de parte del terreno y las estructuras asociadas observadas en el campo.

4.5 Flujograma de investigación

En figura 4.1, se observa el flujograma del proyecto que se ejecutara en cuatro etapas: la primera planificación y selección el área, la segunda es la etapa de campo, la tercera etapa de laboratorio y la cuarta relacionada con la etapa de campo.

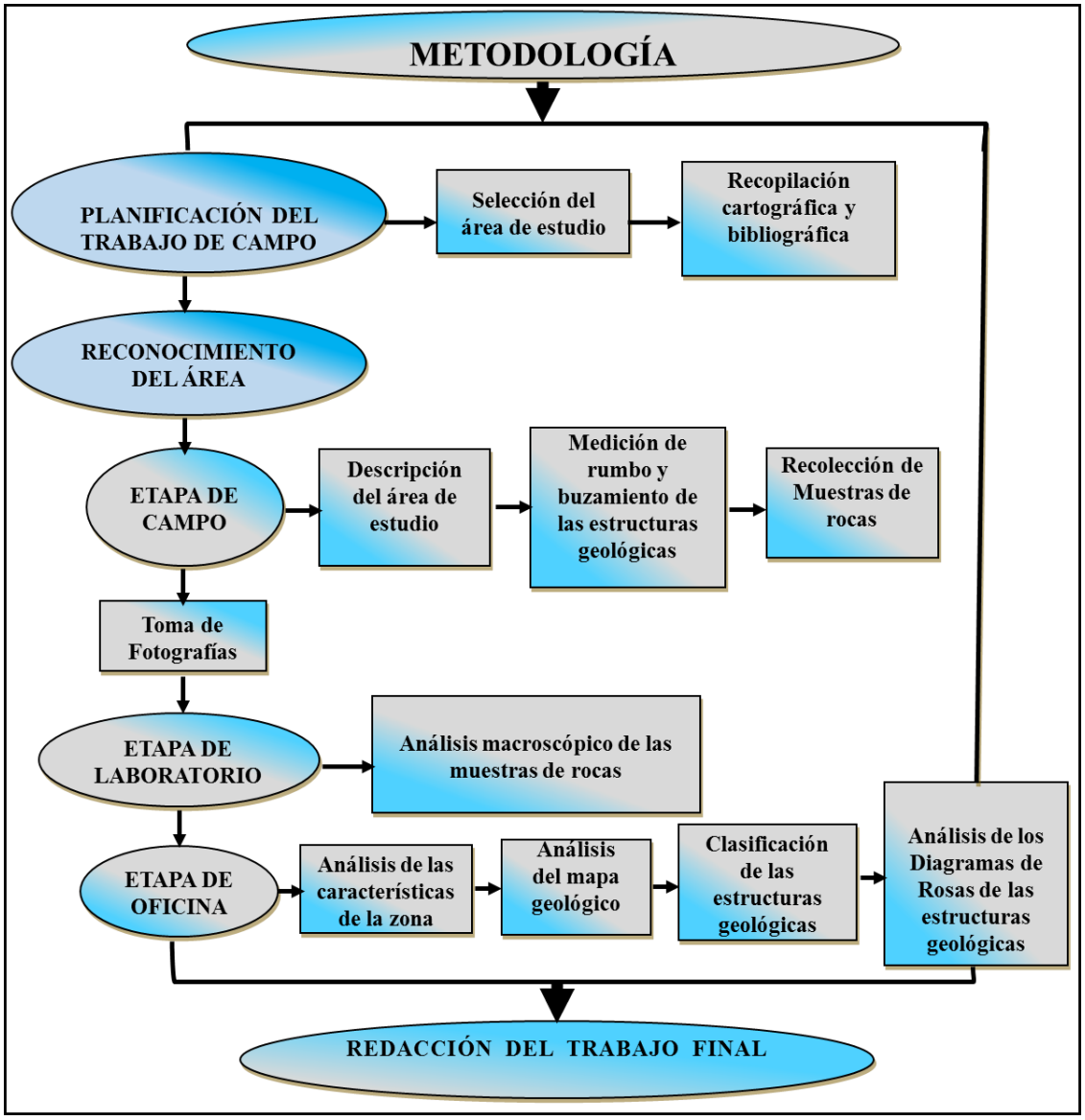


Figura 4.1 Flujograma de las actividades de las etapas de investigación.

4.5.1 Etapa 1 Planificación y selección del área

4.5.1.1 Selección del área

A los fines de establecer el área de estudio, se analizaron las variables, acceso, costo del transporte, los antecedentes, las dimensiones del terreno, el tiempo requerido para el levantamiento de campo y la inversión a realizar y la disponibilidad de cartografía.

. 4.5.1.1 Revisión de la cartografía

Como primer paso para llevar a cabo cualquier trabajo e investigación en campo, realizamos una investigación cartográfica para ubicar el área de estudio, para esto se visitó el Instituto Nacional Geológico y Minas (INGEOMIN), específicamente al área de biblioteca para revisar los mapas que se encontraban en el libro C.V.G Tecmin (1989) en su INFORME DE AVANCE NB-20-2 NC-14, CLIMA GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA SUELOS VEGETACIÓN TIPO I, el cual permitió delimitar el área de estudio.

Para este trabajo se revisó e interpretó el material cartográfico a escala 1:100.000, específicamente la hoja Ciudad Bolívar (7440) de la cartografía nacional del año 1971, la hoja cartográfica Ciudad Bolívar (7440-II-NE) a escala 1:25000 y las imágenes satelitales de Google Earth.

4.5.1.2 Revisión bibliográfica

Luego de haber delimitado el área, procedemos a realizar una revisión bibliográfica, correspondiente al área para determinar cuanta información existía sobre el área comprendida entre el "El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre", para lo que se utilizó información de libros y revistas geológicas que se encontraban en la biblioteca del "Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMIN)", así como también páginas web, y de esta manera consolidar un plan de trabajo que permitió recopilar toda aquella información que existiese sobre el área de estudio.

4.5.2 Etapa II: Trabajo de campo

Una vez culminada la fase de oficina, se procede a realizar la fase de campo, que nos permita llevar a cabo el trabajo descriptivo, para el cual realizamos las siguientes actividades:

4.5.2.1 Reconocimiento del área

Como primer paso para la realización del trabajo de campo se inspecciono el área de estudio, delimitada entre el “El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre” para conocer y documental de manera muy general la geología del área y se realizaron algunas descripciones resaltantes sobre la geología observada y se midieron con GPS las coordenadas que limitan el área de trabajo. También en este punto hicimos un reconocimiento general de las rocas aflorantes en el área y las estructuras geológicas que se encontraban en ella (Figura 4.2).

Figura 4.2 Reconocimiento de la zona de estudio.

4.5.2.2 Descripción de los afloramientos

Se procedió a la descripción visual de los afloramientos ubicados en la zona de estudio, seleccionando las estaciones de trabajo que fueron marcadas con una etiqueta con el número de una y las coordenadas geográficas, medidas con el GPS: para luego identificar los tipos de estructuras como: diaclasas, sills, diques, zonas de cizalla, fallas y pliegues (Figura 4.3).

Figura 4.3 Identificación de estación.

4.5.2.3 Medición de rumbos y buzamientos de las estructuras

Durante la exploración y descripción de loa afloramientos, se midieron los rumbos y buzamientos de las estructuras, en las estaciones de la zona de estudio implementando el uso de la brújula y la cinta métrica (Figura 4.4).

Figura 4.4 Medición de rumbo de las estructuras.

4.5.2.4 Recolección de muestras

En cada estación se recolectaron muestras de rocas que se obtuvieron usando la mandarria y se posicionaron con ayuda del GPS. Se recolectaron un total de 6 muestras en 14 estaciones.

5.2.1 4.5.3 Etapa III: Análisis de laboratorio

4.5.3.1 Análisis macroscópico de las muestras de rocas

El objetivo de esta actividad es identificar las características de manera macroscópica de cada una de las muestras recolectadas de cada estación y así darles nombres a las muestras recolectadas. Esta actividad se llevó a cabo mediante el uso de una lupa de mano 10x, para observar con más detalle los minerales de las rocas.

Posteriormente se seleccionaron 3 muestras, que fueron entregadas a INGEOMIN – Bolívar para un análisis macroscópico, con microscopio estereográfico, para determinar la composición mineralógica.

4.5.4 Etapa IV: Trabajo de oficina

4.5.4.1 Clasificación de las estructuras

En esta etapa se procedió a clasificar las estructuras encontradas en las estaciones, con la información de buzamiento, rumbo y azimut. Con estos datos se realizó el diagrama de rosas.

4.5.4.2 Diagrama de rosas de las estructuras geológicas

En esta etapa se utilizó la aplicación Stereonet, donde se utilizaron los datos recopilados en campo de rumbos transformados en azimut; se elaboraron el diagrama de rosas de las estructuras. (Figura 4.5)

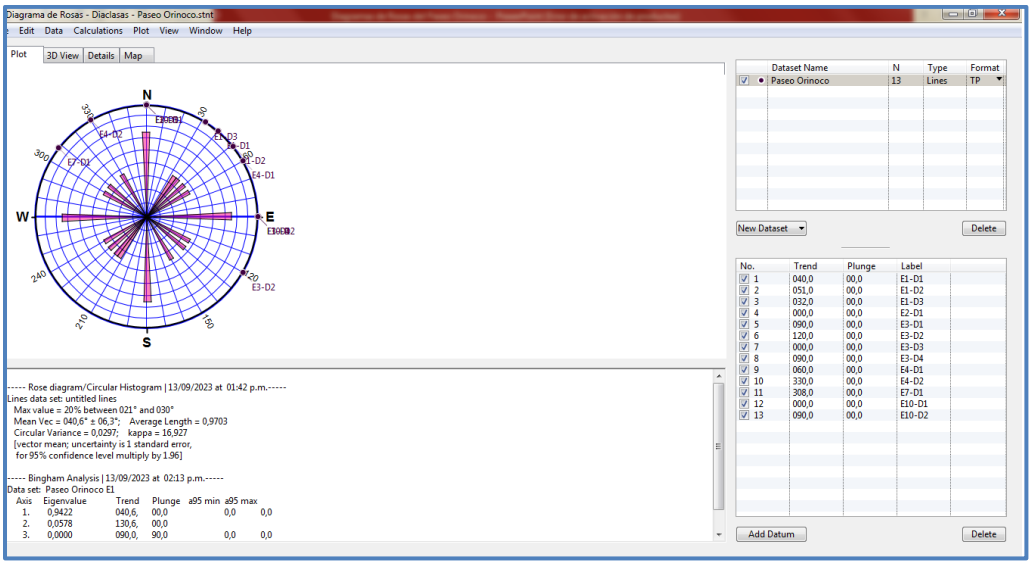


Figura 4.5 Diagrama de rosas de las estructuras.

4.5.4.3 Digitalización del mapa geológico

Para la realización del mapa geológico, se usaron las coordenadas U.T.M de las estaciones del área de estudio y con la aplicación Google Earth, se procedió a ubicar la zona de estudio y sus coordenadas, se exportaron a la cuadricula Global mapper para obtener las curvas de nivel. Posteriormente se pasaron al programa transforven para convertir las coordenadas geográficas en U.T.M., luego se utilizó la aplicación PowerPoint de office para hacer el croquis del mapa geológico, y por último se hizo la digitalización del mapa geológico en AutoCad 2012.

4.5.4.4 Redacción del informe final

El trabajo de grado fue elaborado en Word de la aplicación office 2016, con toda la información de campo y los resultados de los diferentes análisis. Utilizando el formato establecido de la Escuela Ciencias de la Tierra.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción de las unidades geológicas del área de estudio

En la figura 5.1 se presenta la imagen satelital con la ubicación de las estaciones del área de estudio.

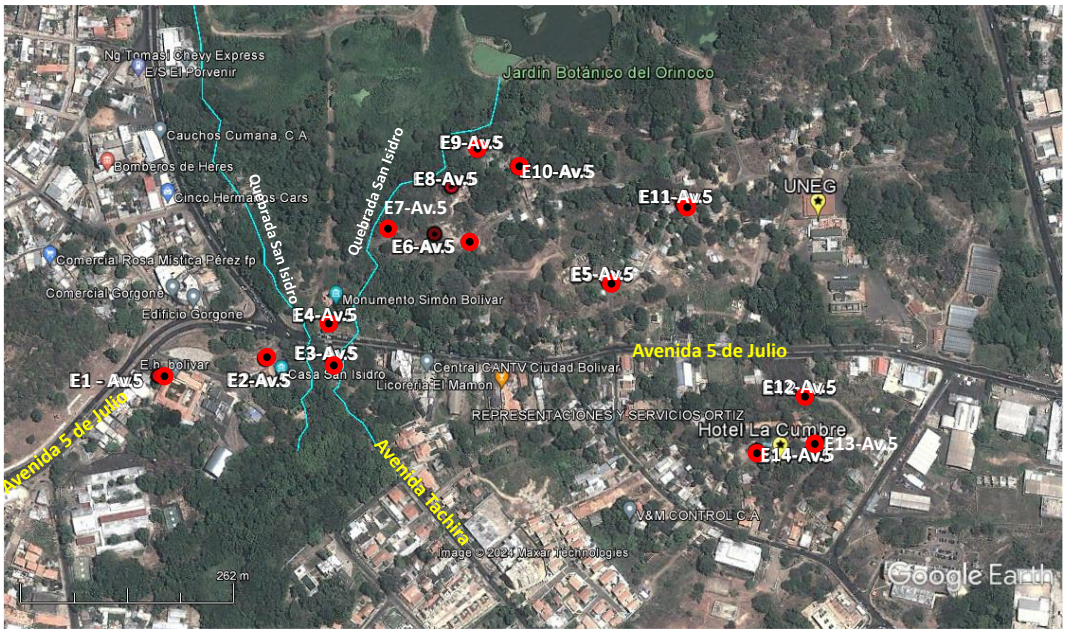


Figura 5.1 Imagen satelital de Google Earth con la ubicación de las estaciones.

En la zona se encuentra el Complejo de Imataca conformado por migmatitas, gneises cuarzo feldespático y feldespático cuarzoso, de grano medio grises y rosados, y pegmatitas de grano medio a grueso de color blanco, gris y rosado; donde se presentan diferentes tipos de estructuras, tales como diaclasas, fallas, pliegues de flujo o ptigmáticos, zonas de cizallas, sills y diques de pegmatita.

En la tabla 5.1 se presentan las coordenadas de las estaciones estudiadas; y en la figura 5.1 el mapa con la ubicación de las estaciones.

Tabla 5.1 Coordenadas U.T.M de las estaciones.

ESTACIÓN	SITIO	COORDENADAS U.T.M. REGVEN (WGS84) ZONA 20	
		NORTE	ESTE
E1	Orfanato Bolívar, Av. 5 de Julio	899509	4395412
E2	Casa San Isidro	899530	439672
E3	Frente Casa San Isidro	899527	439755
E4	Sector Estatua de El Libertador	899575	4400975
E5	Mango Asado	899624	440095
E6	Mango Asado	899674	439924
E7	Mango Asado	899690	439903
E8	Mango Asado	899742	439903
E9	Mango Asado	899787	439935
E10	Mango Asado	899766	439985
E11	Mango Asado	899720	440186
E12	Hotel La Cumbre	899486	440338
E13	Hotel La Cumbre	899416	440358
E14	Hotel La Cumbre	899417	440276

5.2 Descripción de los afloramientos entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre

En la tabla 5.2 se presentan los detalles de cada una de las estaciones de estudio, tales como número de estación, nombre de la roca, y las estructuras con los rumbos y buzamientos.

5.2.1 Estaciones E1 y E2

Estas estaciones están ubicada al este del área de estudio, en sector del Orfanato Bolívar y la Casa San Isidro, y las rocas que se encuentran son migmatitas de color rosado y gris, con foliación, diques de cuarzo paralelos, sills de cuarzo, falla sinestral, y diaclasas verticales, ortogonales y oblicuas (Figuras 5.2 y 5.3).

Tabla 5.2 Resumen de datos de campo de las estaciones.

ESTACIÓN	UNIDAD DEL COMPLEJO DE IMATACA	LITOLOGÍA	ESTRUCTURA
E1	Orfanato Bolívar, Av. 5 de Julio	Migmatita de color rosado y gris, con gneis cuarzosos biotíticos de grano medio, gris oscuro y blanco.	Diques y sills de cuarzo Foliación, Falla sinestral, y Diaclasas verticales, ortogonales y oblicuas
E2	Casa San Isidro, Cruce Av. 5 de Julio con Av. Táchira	Migmatita de color rosado y gris, con gneis cuarzoso biotítico de grano medio, gris oscuro y blanco.	Diques y sills de cuarzo paralelos, foliación, falla sinestral y Diaclasas verticales, ortogonales y oblicuas.
E3	Frente la Casa San Isidro, Av. Táchira	Gneis granítico, gris oscuro y blanco	Diaclasas verticales, foliación, Diques de cuarzo y de pegmatitas
E4	Estatua de El Libertador, Av. 5 de Julio	Gneises cuarzosos biotíticos de grano medio a grano grueso, gris oscuro y blanco,	Diques de pegmatita, foliación, y diaclasas verticales
E5	Barrio Mango Asado	Migmatita y gneis cuarzoso biotítico de grano medio a grano grueso, gris oscuro y blanco	Diaclasa inclinada Diaclasas verticales Dique de pegmatita
E6	Barrio Mango Asado	Migmatita y gneis cuarzoso biotítico de grano medio a grano grueso, gris oscuro y blanco.	Sills y diques paralelos de pegmatita, y diaclasas verticales
E7	En la Estatua El Libertador, Av. 5 de Julio	Gneis cuarzosos biotíticos, de grano muy fino, gris oscuro y blanco.	Foliación, sills de pegmatita, y diaclasas verticales y conjugadas
E8	Morichal San Isidro, Av. 5 de Julio	Gneis cuarzosos biotíticos, de grano muy fino, gris oscuro y blanco.	Foliación, sills y diques de pegmatita
E9	Barrio Mango Asado	Gneis cuarzosos biotíticos, de grano medio a grueso, gris oscuro y blanco.	Sills y diques paralelos de pegmatita y diaclasas verticales
E10	Barrio Mango Asado	Migmatita de color rosado y gris, con gneis cuarzoso biotítico de grano medio, gris oscuro y blanco.	Diques y sills de pegmatita, y foliación, diaclasas verticales ortogonales
E11	Barrio Mango Asado	Migmatita de color rosado y gris, y gneis cuarzosos biotíticos de grano medio, gris oscuro y blanco.	Diaclasas verticales ortogonales, y sills de pegmatita.
E12	Hotel La Cumbre	Gneis cuarzo feldespático y gneis monzogranítico, de grano fino, de color blanco grisáceo	Cizalla
E13	Hotel La Cumbre	Gneis meteorizado, de color amarillo rojizo	Foliación, intrusivo plegado y diaclasas inclinadas
E14	Hotel La Cumbre	Gneis meteorizado, de color amarillo rojizo	Foliación

Figura 5.2 Afloramiento de E1: a) y b) Afloramiento de Migmatitas con foliación. c) Migmatitas con diaclasas verticales. d) Dique de cuarzo en Migmatitas.

Figura 5.3 Estación E2: a) Bloques de Migmatitas con diaclasas verticales. b) Afloramiento de migmatitas. c) Sills de pegmatitas en migmatitas.

5.2.2 Estación E3

La estación está ubicada frente a la Casa San Isidro, Av. Táchira, donde se encuentran gneises , de color gris oscuro y blanco, con foliación, diaclasas verticales, foliación, y diques de cuarzo y de pegmatita (Figura 5.4).

Figura 5.4 Afloramiento de gneis granítico en la Estación 3.

5.2.3 Estación E4

La estación E-4 está ubicada en el sector de la Estatua de El Libertador, en la Av. 5 de Julio, donde se encuentran gneises cuarzosos biotíticos, de grano medio a grueso, de color gris oscuro y blanco, con foliación, diques de pegmatita y diaclasas verticales, (Figuras 5.5).

Figura 5.5 Afloramiento de migmatitas y gneises en la estación E4.

5.2.4 Estación E5

La estación 5 ubicada en el sector del Barrio Mango Asado, se caracteriza por la presencia de afloramientos de gneises, de grano grueso, de color gris oscuro y blanco, con diaclasas inclinadas, verticales y diques de pegmatita (Figura 5.6).

Figura 5.6 Afloramiento de la estación 5 (a), detalle de la roca diaclasada (b y c).

5.2.5 Estación E6

La estación está ubicada en el Barrio Mango Asado, se caracteriza por presencia de migmatitas y gneises cuarzosos biotíticos de grano medio a grano grueso, gris oscuro y blanco, foliados, con sills y diques paralelos de pegmatita, y diaclasas verticales (Figura 5.7).

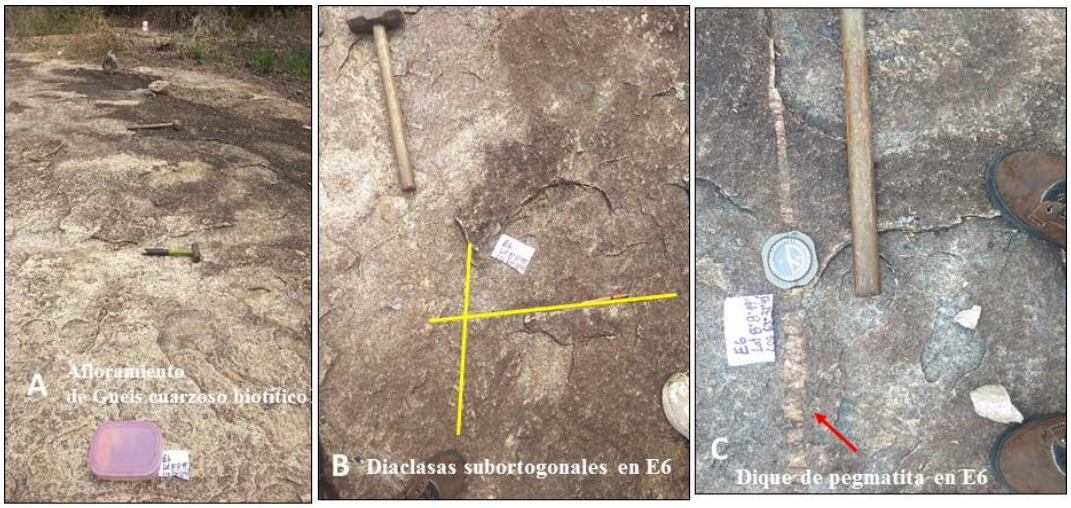


Figura 5.7 Afloramiento de la estación 6 (A), Diaclasas subortogonales (B) y dique de pegmatita (C).

5.2.6 Estación E7

Estación 7 ubicada en el sector de la Estatua El Libertador, Av. 5 de Julio gneis cuarzoso biotítico, de grano muy fino, de color gris oscuro y blanco, con foliación, sills de pegmatita, y diaclasas verticales ortogonales y conjugadas (Figura 5.8).

Figura 5.8 Afloramiento de gneis cuarzoso biotítico de la Estacion 7 con diaclasas, sills de pegmatita y foliacion.

5.2.7 Estación E8

En la estación 8, se presenta un afloramiento en el morichal San Isidro, Av. 5 de Julio de gneis cuarzoso biotítico, de grano muy fino, gris oscuro y blanco, con foliación, sills y diques de pegmatita (Figura 5.9).

Figura 5.9 Afloramiento de E8, de gneis cuarzoso biotítico.

5.2.8 Estación E9

Esta estación está ubicada en el barrio Mango Asado, y se encuentra un afloramiento de migmatitas rosadas, grises y blancas, y gneises cuarzosos biotíticos, de grano grueso a medio, gris oscuro y blanco, con sills y diques paralelos de pegmatita, y diaclasas verticales.

5.2.9 Estación E10

En esta estación E10 ubicada en el barrio Mango Asado, se presentan de migmatitas rosadas, grises y blancas, y gneises cuarzosos biotíticos, de color gris oscuro y blanco, con diques y sills de pegmatita cizallados, y diaclasas verticales ortogonales (Figura 5.10).

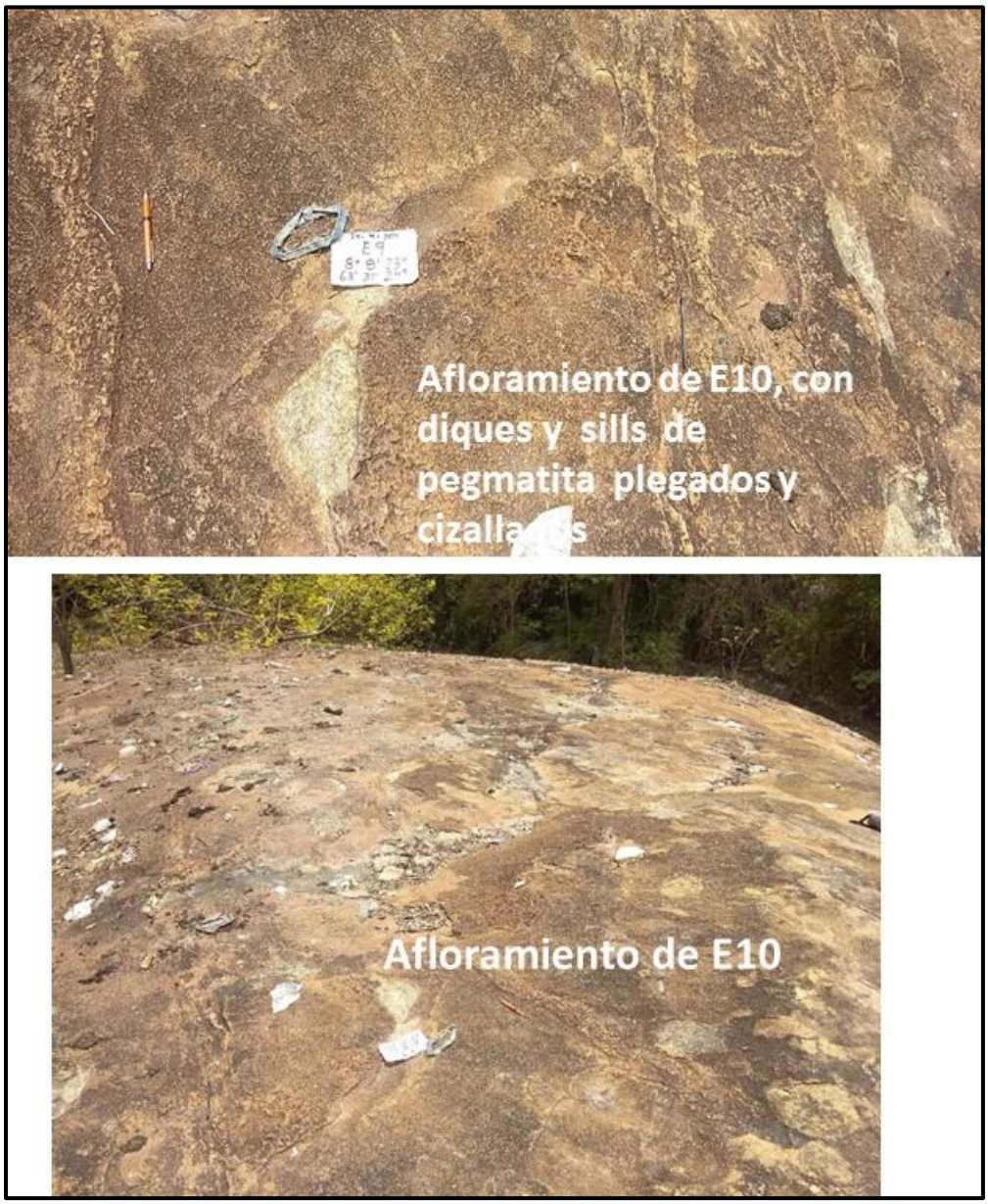


Figura 5.10 Afloramiento de gneis cuarzoso biotitico en la estación E10.

5.2.10 Estación E11

Esta estación se ubica en el barrio Mango Asado, y se encuentran gneises cuarzo feldespáticos biotíticos, de color gris oscuro y blanco, con diques y sills de pegmatita, y diaclasas verticales ortogonales (Figura 5.11).

Figura 5.11 Afloramiento de gneis cuarzo feldespatico biotitico en la estación E11.

5.2.11 Estación E12

Esta estación se ubica en el sector del Hotel La Cumbre, y se encuentra un afloramiento de gneis monzogranítico, de grano medio, de color blanco grisáceo, en contacto con un gneis cuarzo monzonítico de grano fino cizallado, con fracturas paralelas asociadas a cizalla (Figura 5.12).

5.2.12 Estaciones E13 y E14

Estas estaciones se ubican en el sector del Hotel La Cumbre, y se encuentran un afloramientos de gneises muy meteorizado, de color amarillo rojizo, donde se

aprecia foliación, diaclasas ortogonales inclinadas, intrusivo plegado y sills de cuarzo (Figuras 5.13 y 5.14).

Figura 5.12 Afloramiento de gneis cuarzo feldespático biotítico en la estación E12.

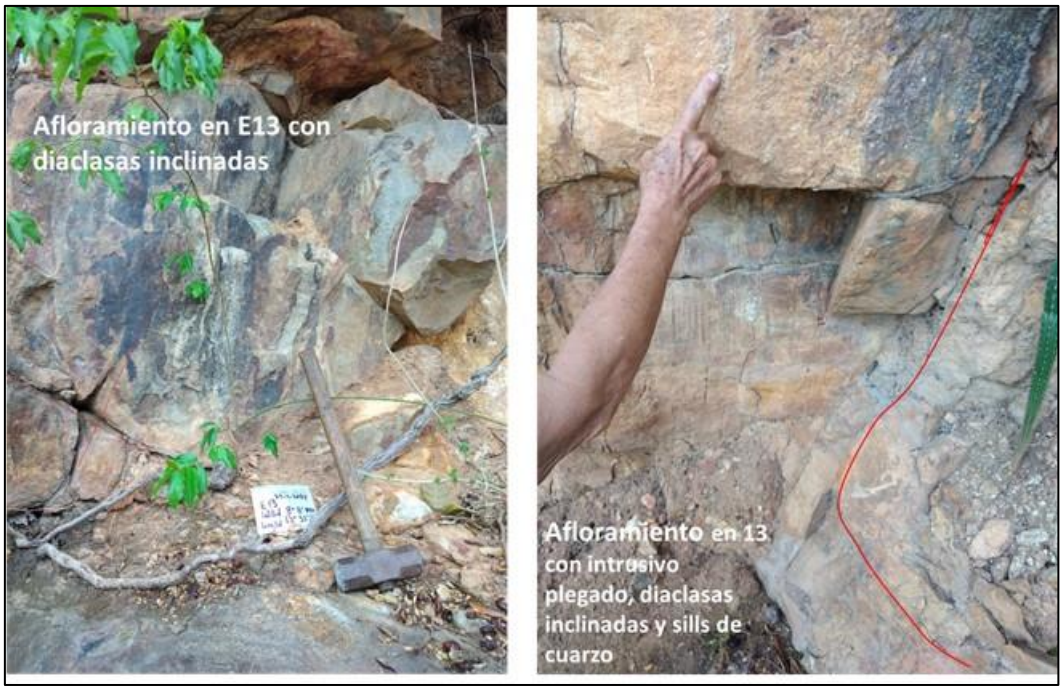


Figura 5.13 Afloramiento de gneis cuarzo feldespático biotítico en la estación E13.

5.3 Clasificación y composición mineralógica, macroscópica, de las muestras de rocas

En la figura 5.14 se presentan las fotografías de 5 de las muestras que fueron recolectadas en las estaciones E1, E7, E8, E11 y E12.

En las tablas 5.3, 5.4 y 5.5 se presentan los resultados de los análisis macroscópicos de las 3 muestras de rocas realizados por INGEOMIN; de acuerdo a esos datos se tiene que en la zona de estudio se encuentran gneises cuarzo feldespático biotítico de grano fino con intrusión mineralizada de plagioclasa y cuarzo, gneises cuarzosos biotíticos y cuarcita gris en contacto con gneises feldespáticos cuarzosos de colores gris claro y marrón claro, de textura medianamente foliada.

La composición mineralógica de los gneises es Cuarzo 40-30%, Plagioclasa 40–25 %, Feldespatos 55-25% y Biotita 25-5%.

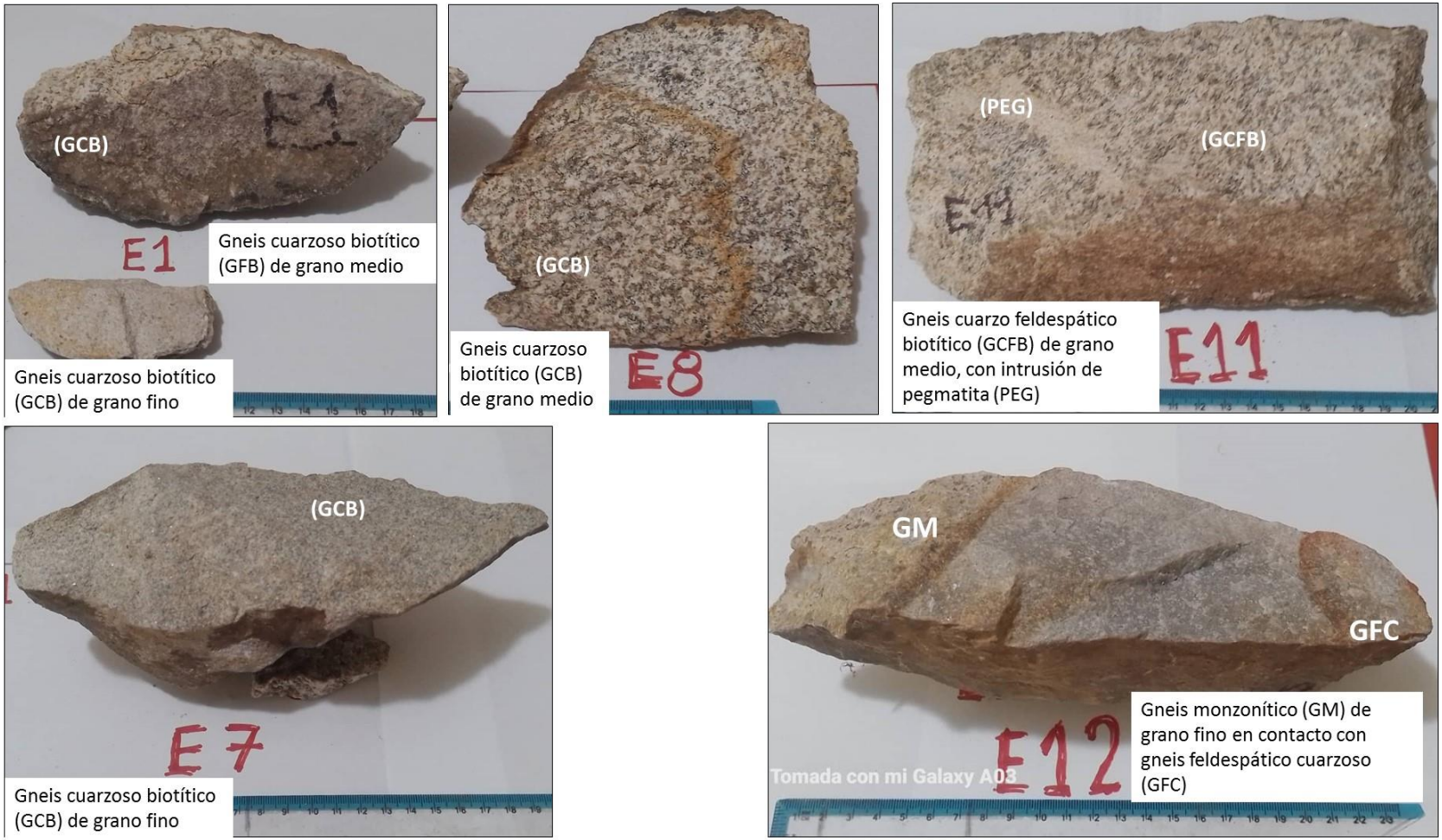


Figura 5.14 Muestras de rocas recolectadas en las estaciones E1, E7, E11 y E12.

Tabla 5.3 Descripción macroscópica de la roca de la estación E7

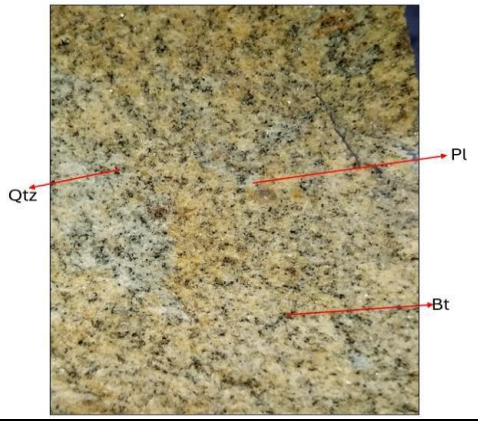
Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E7	Gneis cuarzoso biotítico	Roca holocristalina, de grano fino con cristales tamaño <1 mm aproximadamente. Mosaico de minerales en tonalidades gris claro	Medianamente foliada	(Pl) Plagioclasas 40% (Qtz) Cuarzo 30% (Bt) Biotita 30%	

Tabla 5.4 Descripción macroscópica de la roca de la estación E11.

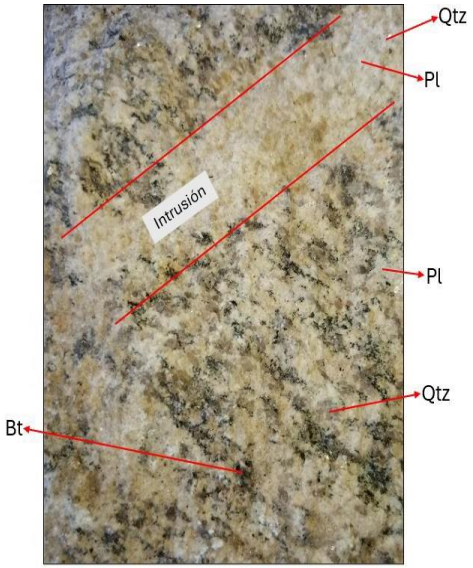
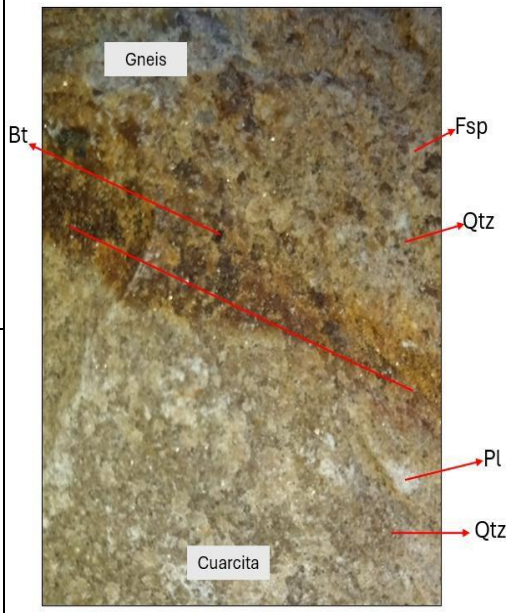
Código	Nombre de la roca	Descripción	Textura	Composición mineralógica (aproximada)	Vista macroscópica
E11	Gneis cuarzo feldespático biotítico con intrusión mineralizada de plagioclasa y cuarzo	Roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 1 mm hasta 3 mm aproximadamente. Mosaico de minerales en tonalidades grisáceas y marrón claro. La roca se encuentra en contacto con una intrusión mineralizada de 2 cm dividiendo la roca caja, compuesta por minerales de grano medio. Mosaico de minerales en tonalidades gris claro.	Medianamente foliada	(Qtz) Cuarzo 30% (Fsp) Feldespatos 25% (Pl) Plagioclasas 20% (Bt) Biotita 25%	
			Intrusión Granoblástica	Pl) Plagioclasas 45% (Qtz) Cuarzo 35% (Bt) Biotita 20%	

Tabla 5.5 Descripción macroscópica de la roca de la estación E12.

Código	**Nombre de la roca**	**Descripción**	**Textura**	**Composición mineralógica (aproximada)**	**Vista macroscópica**
E12	Pegmatita gris en contacto con gneis monzogranítico	Roca holocristalina, de grano fino con cristales tamaño 1 mm aproximadamente. Mosaico de minerales en tonalidades gris claro. La roca descrita anteriormente se encuentra en contacto con una roca holocristalina, de grano medio con cristales cuyo tamaño que van desde 1mm hasta 3 mm aproximadamente. Mosaico de minerales en tonalidades marrón claro.	Granoblástica	(Qtz) Cuarzo 60% (Pl) Plagioclasas 25% (Bt) Biotita 15% (Fsp) Feldespatos 55% (Qtz) Cuarzo 40% (Bt) Biotita 5%	

5.4 Clasificación de las estructuras geológicas presentes en los afloramientos

En las Tablas 5.6 y 5.7, se presentan los tipos de estructuras observadas en las estaciones, con los datos de rumbos y buzamientos; determinándose que se encuentran diaclasas verticales con rumbos $N30^0E$, $N70^0E$, $N10^0E$, Norte franco, $N80^0W$ y $N70^0W$, diaclasas ortogonales con rumbos $N60^0W$ y $N40^0E$, diaclasas oblicuas con rumbos Este franco y $N55^0E$, falla sinestral con rumbo $N80^0E$ y buzamiento 20^0SE, foliación con rumbos Este franco, Norte franco, $N70^0E$, $N10^0E$ y $N40^0W$ con buzamiento 31^0NE, cizallas con rumbo $N80^0E$ y buzamiento 40^0SW.

Tabla 5.6 Datos de las estructuras geológicas en los afloramientos de las estaciones E1, E2 E3, E4, E5, y E6.

Estación	Estructura	RUMBO - BUZAMIENTO	Azimut
E1	Diques de cuarzo paralelos	$N65^0E$ y $N55^0E$	65^0 y 55^0
	Sills de cuarzo	Este franco	90^0
	Foliación	Este franco	90^0
	Falla sinestral	$N80^0E$ - 20^0SW	80^0
	Diaclasas ortogonales	$N60^0W$ y $N40^0E$	300^0 y 40^0
	Diaclasas oblicuas	Este franco y $N55^0E$	90^0 y 55^0
	Diaclasas verticales	$N30^0E$,$N70^0E$,$N10^0E$ y	30^0, 70^0, 10^0 y
E2	Diques de cuarzo paralelos.	$N65^0E$ y $N55^0E$	65^0 y 55^0
	Sills de cuarzo	Este franco	90^0
	Foliación	Este franco	90^0
	Falla sinestral	$N80^0E$ - 20^0SE	80^0 y 300^0
	Diaclasas ortogonales	$N60^0W$ y $N40^0E$	300^0 y 40^0
	Diaclasas oblicuas	Este franco y $N55^0E$	90^0 y 55^0
	Diaclasas verticales	$N30^0E$,$N70^0E$,$N10^0E$ y Norte	30^0, 70^0, 10^0 y 0^0
E3	Diaclasas verticales	$N20^0W$ y $N\ 35^0W$	340^0 y 325^0
	Foliación	$N75^0E$	75^0
	Diques de cuarzo	Norte franco	0^0
E4	Diques de pegmatita	Este franco,$N10^0E$ y $N70\ ^0W$	90^0, 10^0 y 70^0
	Foliación	Norte franco y $N10^0E$	0^0 y 10^0
	Diaclasas verticales	$N80^0W$ y $N70^0W$	280^0 y 290^0
E5	Diaclasa inclinada	$N45^0W$ y 38^0SW	315^0
	Diaclasas verticales	$N70^0E$, $N40^0E$ y $N10^0W$	70^0, 40^0 y 350^0
	Dique de pegmatita	$N60^0E$	60^0
E6	Sills paralelos de pegmatita	$N70^0E$	70^0
	Dique de pegmatita	Norte franco	0^0
	Diaclasas verticales	$N20^0W$ y $N45^0E$	340^0 y 45^0

Tabla 5.7 Datos de las estructuras geológicas en los afloramientos de las estaciones E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13 y E14.

Estación	Estructura	RUMBO - BUZAMIENTO	Azimut
E7	Foliación	N70^{0}E	70^0
	Sills de pegmatita	N70^{0}E	70^0
	Diaclasas verticales	N10^{0}W	350^0
	Diaclasas conjugadas	N70^{0}E y N10^{0}E	70^0 y 10^0
E8	Foliación	N70^{0}E	70^0
	Dique de pegmatita	N40^{0}W	320^0
	Sills de pegmatita	N70^{0}E	70^0
E9	Sills paralelos de pegmatita	N70^{0}E	70^0
	Dique de pegmatita	Norte franco	
	Diaclasa vertical	N20^{0}W	340^0
	Diaclasas verticales	N45^{0}E	45^0
E10	Dique de pegmatita	N60^{0}E	60^0
	Sills de pegmatita	N70^{0}E	70^0
	Foliación	N70^{0}E	70^0
	Diaclasas verticales ortogonales	Este franco y Norte franco	90^0 y 0^0
	Diaclasas verticales	N10^{0}W, N80^{0}E,N50^{0}W y N10^{0}W	350^0, 80^0 , 310^0 y 350^0
E11	Diaclasas verticales ortogonales	Este franco y Norte franco	90^0 y 0^0
	Sills de pegmatita	N70^{0}E	70^0
E12	Cizalla	N80^{0}E, Buz. 40^{0}SW	80^0
E13	Foliación	N40^{0}W, Buz. 31^{0}NE	320^0
E14	Foliación	N40^{0}W, Buz. 31^{0}NE	320^0

5.5 Análisis del diagrama de rosas de las estructuras geológicas

De acuerdo a los datos obtenidos en campo, se analizaron los diagramas de rosas de las diaclasas, cizalla y foliaciones de 9 estaciones.

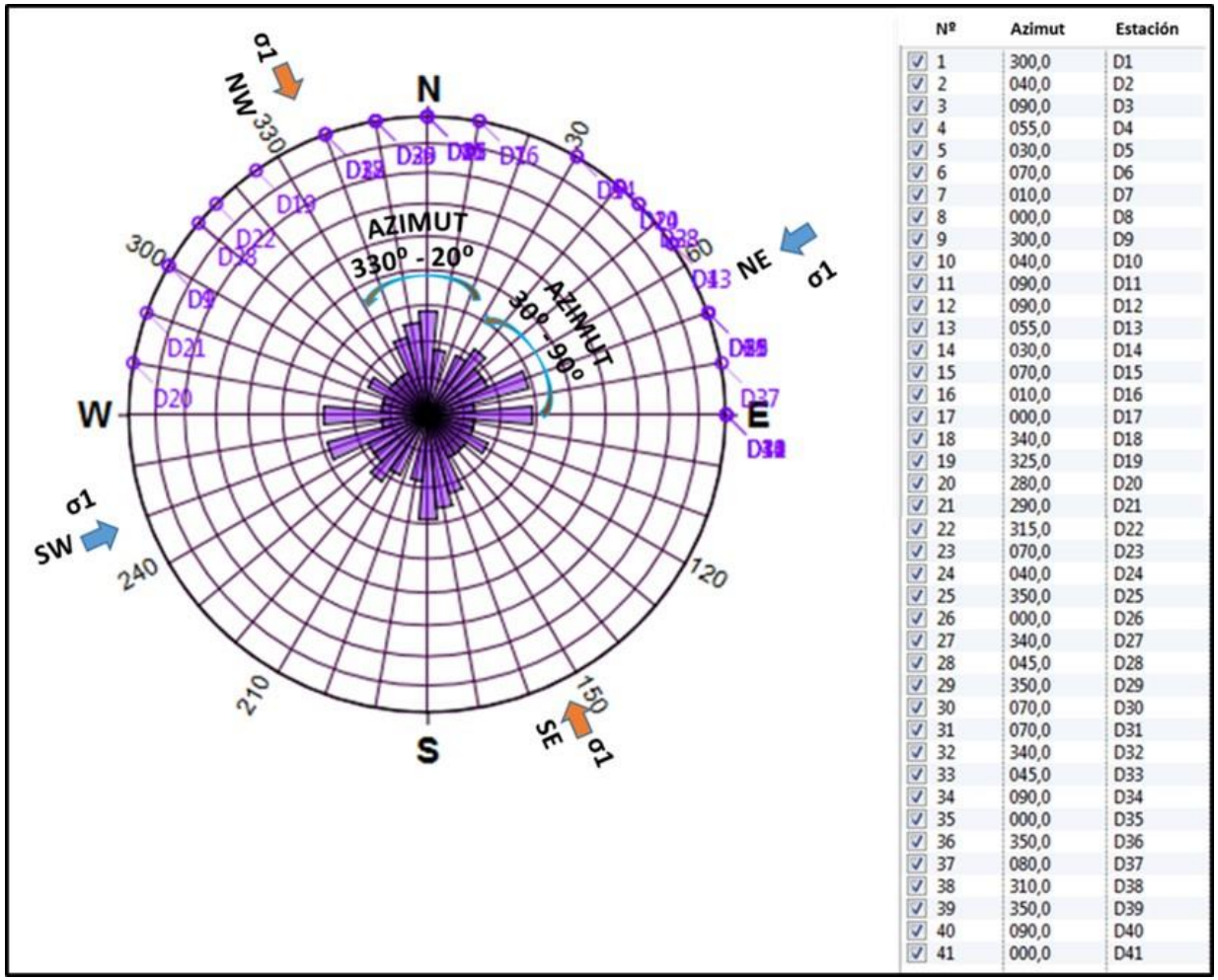
5.5.1 Diagrama de rosas de las diaclasas

En la Tabla 5.8 se presentan los datos de azimut de las diaclasas medidas en cada una de las estaciones en el campo. La interpretación de los datos representados en la figura 5.15 en el diagrama de rosas indican que las diaclasas fueron originadas por dos eventos, uno con esfuerzos los esfuerzos principales σ1 en dirección SW-

NE donde se encuentran el mayor número de diaclasas y otro de dirección NW-SE.

Tabla 5.8 Azimut de las diaclasas en estaciones de los afloramientos.

Estación	Diaclasas	Estructura	Azimut
E1	1	Diaclasas ortogonales	300^0
	2		40^0
	3	Diaclasas oblicuas	90^0
	4		55^0
	5	Diaclasas verticales	30^0
	6		70^0
	7		10^0
	8		0^0
E2	9	Diaclasas ortogonales	300^0
	10		40^0
	11		90^0
	12	Diaclasas oblicuas	90^0
	13		55^0
	14	Diaclasas verticales	30^0
	15		70^0
	16		10^0
	17		0^0
E3	18	Diaclasas verticales	340^0
	19		325^0
E4	20	Diaclasas verticales	280^0
	21		290^0
E5	22	Diaclasa inclinada	315^0
	23	Diaclasas verticales	70^0
	24		40^0
	25		350^0
	26		0^0
E6	27	Diaclasas verticales	340^0
	28		45^0
E7	29	Diaclasas verticales	350^0
	30	Diaclasas conjugadas	70^0
	31		70^0
E9	32	Diaclasas verticales	340^0
	33		45^0
E10	34	Diaclasas verticales ortogonales	90^0
	35		0^0
	36	Diaclasas verticales	350^0
	37		80^0
	38		310^0
	39		350^0
E11	40	Diaclasas verticales ortogonales	90^0
	41		0^0



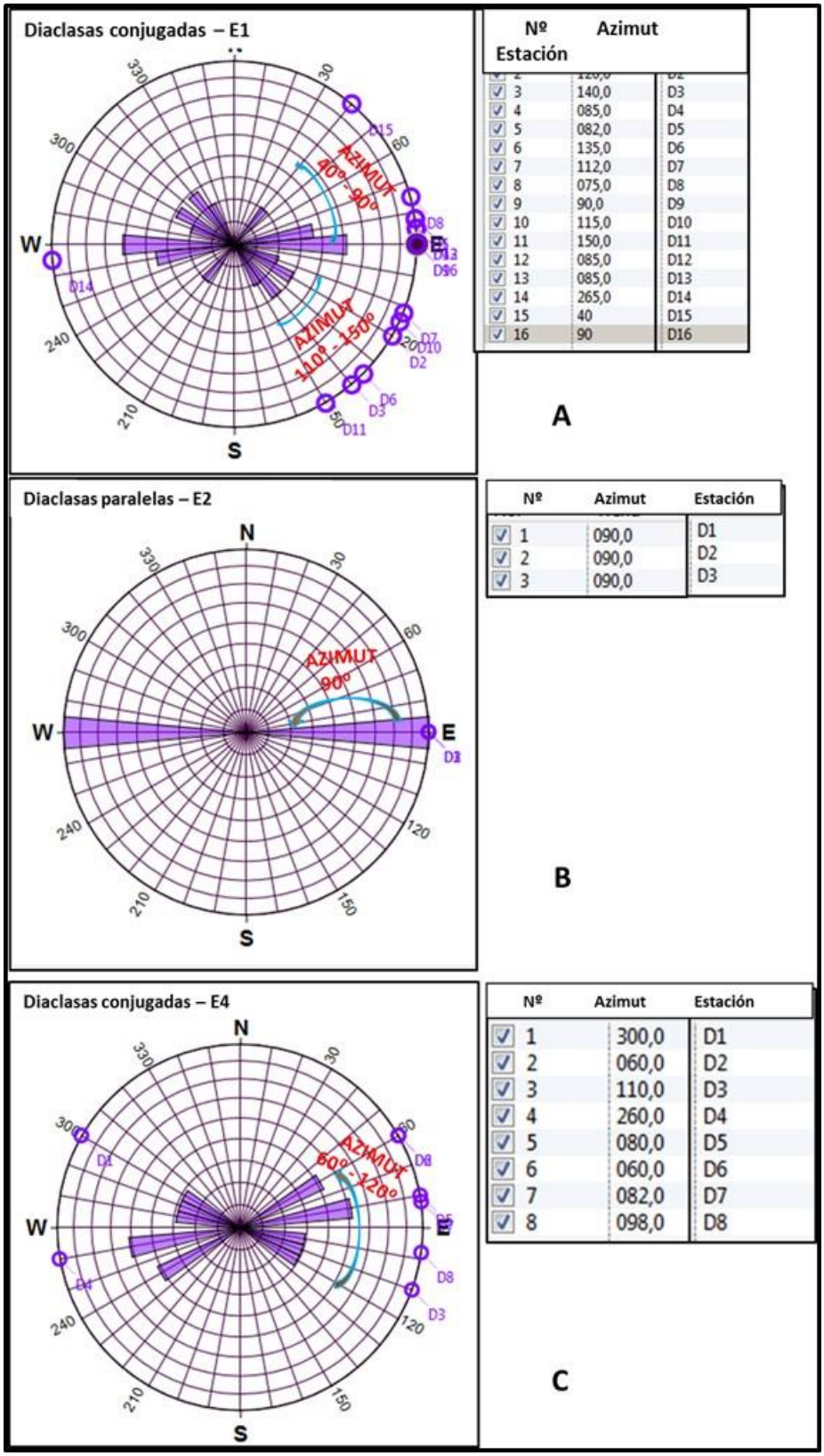
Nº	Azimut	Estación
1	300,0	D1
2	040,0	D2
3	090,0	D3
4	055,0	D4
5	030,0	D5
6	070,0	D6
7	010,0	D7
8	000,0	D8
9	300,0	D9
10	040,0	D10
11	090,0	D11
12	090,0	D12
13	055,0	D13
14	030,0	D14
15	070,0	D15
16	010,0	D16
17	000,0	D17
18	340,0	D18
19	325,0	D19
20	280,0	D20
21	290,0	D21
22	315,0	D22
23	070,0	D23
24	040,0	D24
25	350,0	D25
26	000,0	D26
27	340,0	D27
28	045,0	D28
29	350,0	D29
30	070,0	D30
31	070,0	D31
32	340,0	D32
33	045,0	D33
34	090,0	D34
35	000,0	D35
36	350,0	D36
37	080,0	D37
38	310,0	D38
39	350,0	D39
40	090,0	D40
41	000,0	D41

Figura 5.15 Diagrama de Rosas de las diaclasas de la zona de estudio.

5.5.1.1 Diagrama de rosas de las estaciones E1, E2.E4, E7, E11 y E12

En la figura 5.16 se presentan los diagramas de rosas de las estaciones E1, E2 y E4, donde se encuentran diaclasas conjugadas con azimut entre 40º y 90º y 110º y 150º para E1, diaclasas paralelas con azimut de 90º para E2 y diaclasas conjugadas con azimut entre 60º y 120º en la estación E4.

En la figura 5.17 se presentan los diagramas de las estación E7 y E12, con diaclasas ortogonales en E7 con azimut de 330º y 60º y para la estación E12 diaclasas ortogonales y conjugadas con azimut entre. 330º y 60º. .



Nº Estación	Azimut	
3	140,0	D3
4	085,0	D4
5	082,0	D5
6	135,0	D6
7	112,0	D7
8	075,0	D8
9	90,0	D9
10	115,0	D10
11	150,0	D11
12	085,0	D12
13	085,0	D13
14	265,0	D14
15	40	D15
16	90	D16

Nº	Azimut	Estación
1	090,0	D1
2	090,0	D2
3	090,0	D3

Nº	Azimut	Estación
1	300,0	D1
2	060,0	D2
3	110,0	D3
4	260,0	D4
5	080,0	D5
6	060,0	D6
7	082,0	D7
8	098,0	D8

Figura 5.16 Diagrama de Rosas de la estación E1 (A), E2 (B) y E4 (C).

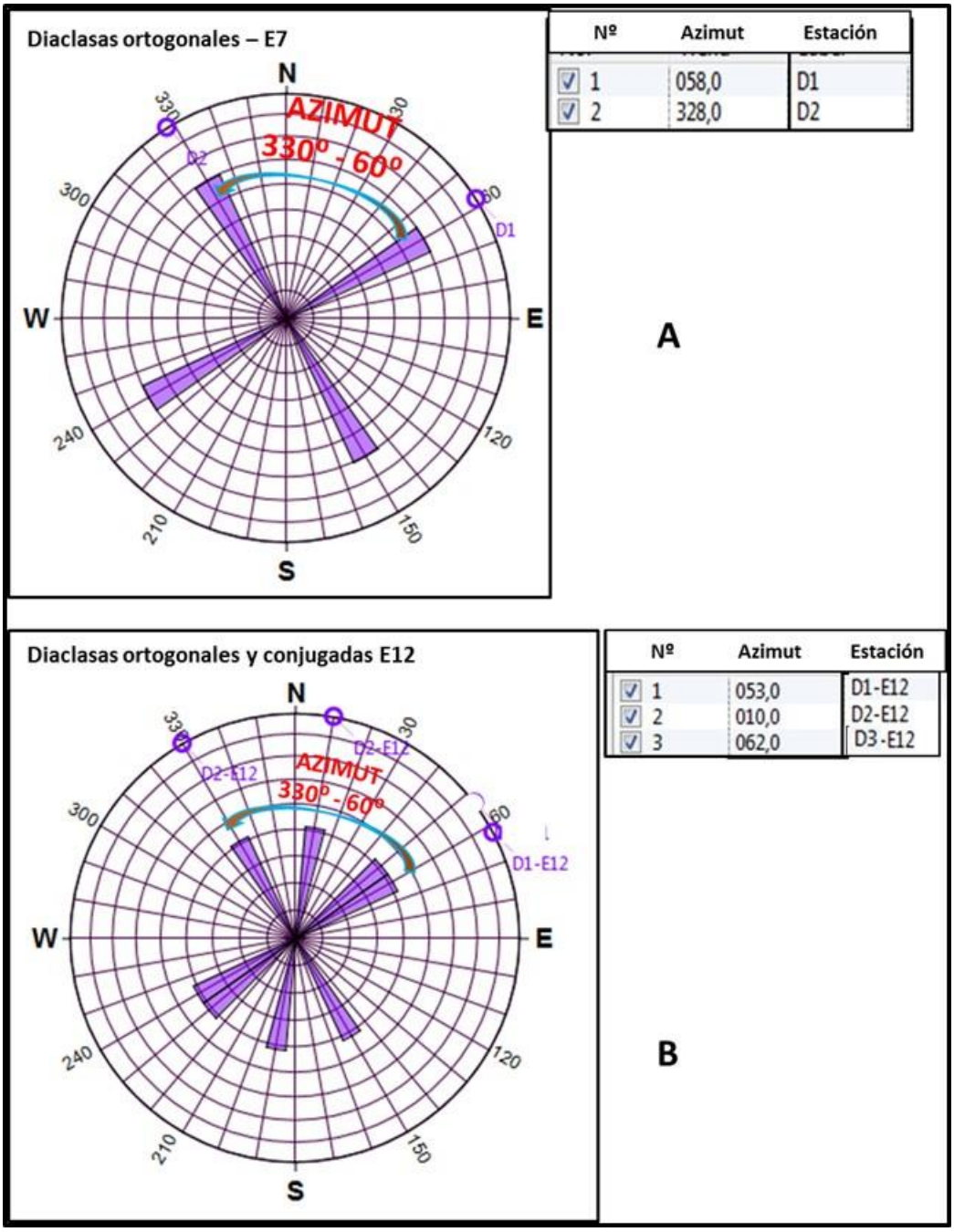


Figura 5.17 Diagrama de Rosas de la estación E7 (A) y E12 (B).

5.6 Análisis del mapa geológico

En la zona de estudio de acuerdo al mapa geológico predominan las rocas del Complejo de Imataca en un 100 % (Figura 5.18), con predominio de gneises foliados y muy diaclasados.

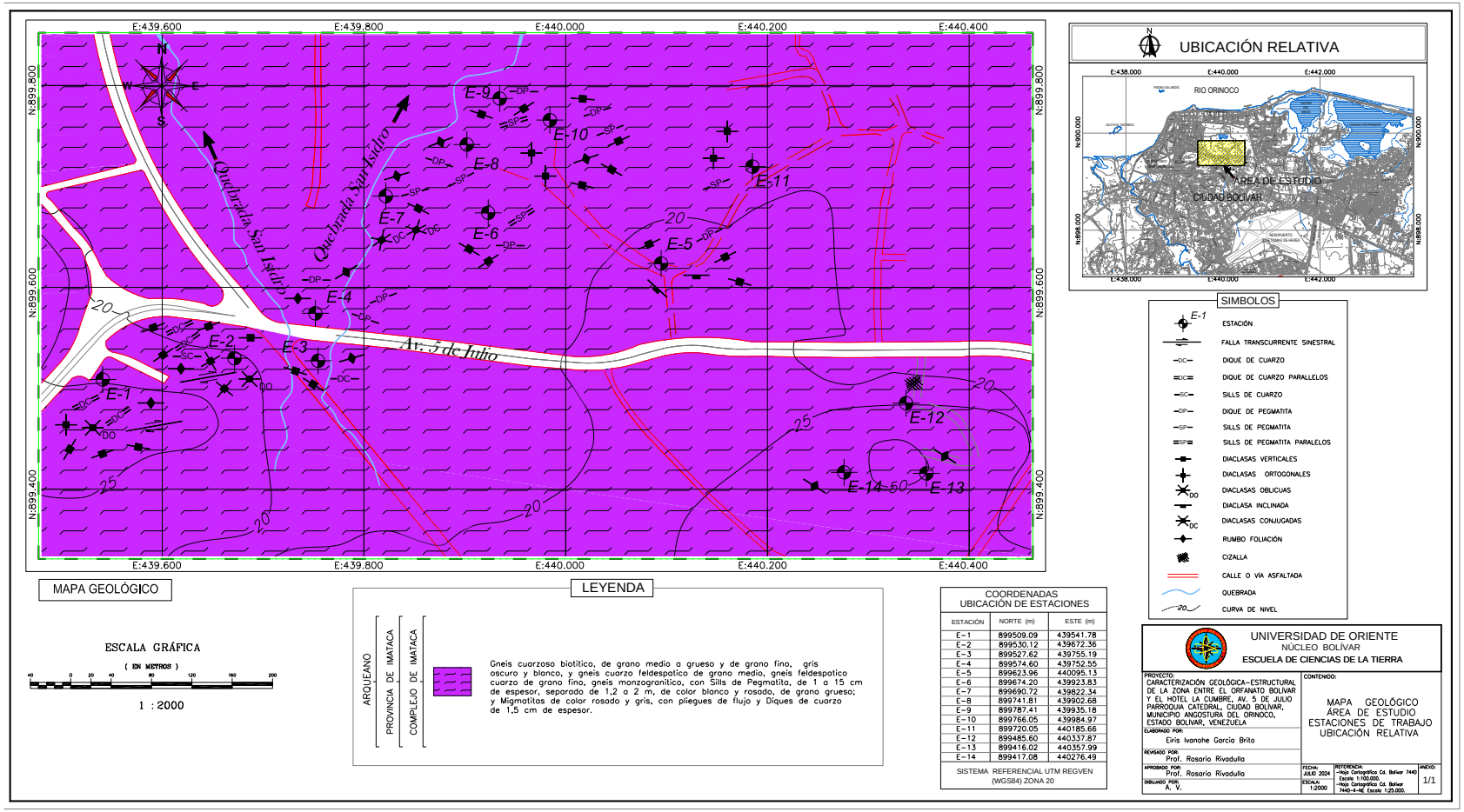


Figura 5.18 Mapa geológico del área de estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1 De acuerdo al trabajo de campo realizado se tiene que en la zona de estudios se encuentran rocas del Complejo de Imataca.

1. El Complejo de Imataca y se caracteriza litológicamente por gneises cuarzos biotíticos, gneises cuarzo feldespático y gneises monzograníticos de color gris oscuro y blanco y rosado, con diques y sills de pegmatitas, escasos sills de cuarzo, muy cizalladlos, asociados a migmatitas.

2. La composición mineralógica de los gneises es Cuarzo 40-30%, Plagioclasa 40–25 %, Feldespatos 55-25% y Biotita 25-5%.

3. En la zona de estudio las diaclasas son en la mayoría verticales con rumbos $N30^0E$, $N70^0E$, $N10^0E$, Norte franco, $N80^0W$ y $N70^0W$, diaclasas ortogonales con rumbos $N60^0W$ y $N40^0E$ y algunas diaclasas oblicuas con rumbos Este franco y $N55^0E$.

4. La foliación presenta rumbos Este franco, Norte franco, $N70^0E$, $N10^0E$ y $N40^0W$ con buzamiento 31^0NE, indicativa de plegamiento en el área.

5. El patrón geométrico de todas las diaclasas en los diagramas derosasde 10 estaciones, indica que fueron originadas por dos eventos, uno con esfuerzos los esfuerzos principales $\sigma 1$ en dirección SW-NE donde se encuentran el mayor número de diaclasas y otro de dirección NW-SE.

6. De acuerdo al mapa geológico de la zona de estudio predominan las rocas del Complejo de Imataca en un 100 %, con predominio de gneises de color gris y blanco de composición cuarzosa y feldespática.

Recomendaciones

1. Analizar petrográficamente secciones delgadas de las rocas de los afloramientos ubicados en sector entre El Orfanato Bolívar y el Hotel La Cumbre, a fin de comprobar la clasificación macroscópica realizada.

2. Realizar estudios de análisis de fracturas en afloramientos de otros sectores de la región, a fines comparar los patrones estructurales.

REFERENCIAS

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

Bard, P.J. (1985) **MICROTEXTURAS DE ROCAS MAGMÁTICAS Y METAMÓRFICAS**. Masson S.A. Barcelona.

Barrios Jhonny y Rusbelis Hernández (2016) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ISLA EL DEGREDO, RÍO ORINOCO, MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR ESTADO BOLÍVAR**, trabajo de grado de la Universidad de Oriente, de la Escuela Ciencias de la Tierra. P 92.

Bustos, D. (2015). **DIAGRAMAS DE ROSAS**. Universidad Cental del Ecuador, Facultad de Ingenieria en Geología, Minas, Petroleos y Ambiental. Ecuador.

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

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

Geologyscience (2023). **ROCAS METAMÓRFICAS NO FOLIADAS** .Disponible en: https://es.geologyscience.com/rocas/Rocas-metam%C3%B3rficas/rocas-metam%C3%B3rficas-no-foliadas/granulitos/ Fecha de consulta 19 de noviembre 2023.

Geotecnia Fácil (2023) **ROCAS METAMÓRFICAS: TIPOS, DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.** Disponible en: https://geotecniafacil.com/rocas-metamorficas-tipos/. Fecha de consulta 19 de noviembre 2023.

Habanero M. (2022) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS UBICADOS A L MARGEN DERECHA DEL RIO ORINOCO EN EL SECTOR CLUB NÁUTICO, PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. P. 65. Ciudad Bolívar.

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

González de Juana Clemente, Iturralde de Arozena, Juana Ma. y Picard Xavier (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** TOMO I. Foninves. Caracas, Venezuela.

Griem W. (2020) **ROSETA DE DIACLASAS** geovirtual2. Recuperado de: https://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/prak03.htm#:~:text=Una%20roseta%20de%20diaclasas%20es,o%20la%20direcci%C3%B3n%20de%20inclinaci%C3%B3n**.**

Itriago Juan y Carmona Elianyelis (2023) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA- SEDIMENTOLÓGICA DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO ORINOCO ENTRE EL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL MIRADOR Y EL CLUB NÁUTICO PARROQUIA CATEDRAL, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, CIUDAD BOLÍVAR.** Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra. 155 P. Ciudad Bolívar.

Jiménez Sebastián (2016) 08 DIACLASAS – CORTES. Disponible en https://issuu.com/sebastianjosejimenezroca/docs/08-diaclasas.cortes.

Méndez B., J. (2006) **PETROLOGÍA.** 1a ed . - Caracas (Venezuela) : Facultad de Ciencias de la Tierra, UCV . P 538.

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, Venezuela, P 184.

Mattauer, M. (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.

Mendoza B Haydee Carolina (2004) **INFORME GEOLÓGICO HOJA MARHUANTA (N° 7540) ESCALA 1:100.000**". INGEOMIN- Bolívar. P 45.

Ministerio de Energía y Minas (2021) **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Versión Digital, de la tercera edición del año 1997. Disponible en https://geologiavenezolana.blogspot.com/2023/02/lexico-estratigrafico-de-venezuela-2021.html. Fecha de Consulta 20 de Junio 2023.

Oyarzun Roberto y Doblas Miguel (2023) **FALLAS Y ZONAS DE CIZALLA (PARTE 1): ASPECTOS GENERALES.** Fecha de consulta: 15/02/2023. Obtenido de: https://www.aulados.net/Geologia_yacimientos/Zonas%20de%20Cizalla/Fallas_Prim era_Parte.htm.

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

Rocks.comparenature (2023) **TIPOS DE ROCAS.** Disponible en (http://rocks.comparenature.com). Fecha de consulta 05 de octubre- 2023.

Schumberger Oilfield Glossary (2019). **MAPA GEOLÓGICO**. Obtenido de: https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/g/geologic_map.aspx-

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

Toselli Alejandro J. (2010) **ELEMENTOS BASICOS DE PETROLOGIA IGNEA**. Instituto Superior De Correlación Geológica (INSUGEO), Argentina, pp 225

Van der Plujim, B. A., y Marshak, S. (2004) **EARTH STRUCTURE: AN INTRODUCTION TO STRCUTURAL GEOLOGY AND TECTONICS.** W.W Norton y Company, Inc, New York.

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

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO 1/6:

TÍTULO	Caracterización geológica-estructural de la zona entre El Orfanato Bolívar y el hotel La Cumbre, avenida 5 de Julio, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela.

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	**CÓDIGO CVLAC / E MAIL**
Eiris Ivanohe, García Brito	**CVLAC:** **E MAIL**: eirisgaria81@gmail.com
	CVLAC: **E MAIL:**

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Avenida 5 de Julio Ciudad Bolívar
Gneises Cuarzosos Feldespático
Complejo De Imataca
Diagramas De Rosas

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-2/6

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Departamento de Geología	Geologia
	Geologia

RESUMEN (ABSTRACT):

. El área de estudio está ubicada a lo largo de la avenida 5 de Julio, entre El Orfanato Bolívar, el Barrio Mango Asado y el hotel La Cumbre, en el estado Bolívar, Ciudad Bolívar, el municipio Angostura del Orinoco, parroquia Catedral. Este trabajo tiene como finalidad la caracterización geológica – estructural del sector. Es una investigación de tipo descriptiva y con un diseño documental y de campo. Para el logro de los objetivos se recolecto información en 14 estaciones, ubicadas en el Complejo de Imataca. Y se recolectaron 6 muestras de rocas; de ellas se les realizó el análisis mineralógico macroscópico con una lupa 10X. Cada estación se ubicó con las coordenadas U.T.M., en huso 20, datum La Canoa; y se midieron los rumbos de las diaclasas, foliación y fallas. Se utilizó como cartografía la hoja 7539 (Ciudad Bolívar) a escala 1:100.000 y las imágenes de Google Earth. Para procesar los datos de las estructuras y elaborar los diagramas de rosas, se utilizó la aplicación stereonet; en los cuales se interpretaron las direcciones de los esfuerzos normales principales, que actuaron en el área de estudios. El mapa geológico se elaboró con datos de campo, utilizó la aplicación de PowerPoint del office 2016, imágenes de Google Earth, que fue digitalizado utilizando AutoCad Land y AutoCad 2012a. Los resultados del levantamiento de campo, indican la presencia de rocas del Complejo de Imataca: que fueron clasificadas como gneises cuarzosos feldespático biotíticos y feldespáticos cuarzosos, holocristalinos, de grano medio a grueso y de grano fino con cristales, de tamaño entre 1 y 3 mm, con intrusivos de pegmatita plagioclásica cuarzosa, con una composición mineralógica constituida por cuarzo (40-30%), plagioclasa (40–25%), feldespatos (55-25%) y biotita (25-5%). En la zona, las predominan las diaclasas verticales con rumbos N30^{0}E, N70^{0}E, N10^{0}E, Norte franco, N80^0-70^{0}W, diaclasas ortogonales con rumbos N60^{0}W y N40^{0}E y algunas diaclasas oblicuas con rumbos Este franco y N55^{0}E. La foliación presenta rumbos Este franco, Norte franco, N70^{0}E, N10^{0}E y N40^{0}W, con buzamiento 31^{0}NE, indicativa de plegamiento. El patrón geométrico de las diaclasas (41) en los diagramas de rosas, de 10 estaciones, indican que fueron originadas por dos eventos, uno con esfuerzos principales σ1, en dirección SW-NE y otro de dirección NW-SE. De acuerdo al mapa geológico de la zona de estudio predominan las rocas del Complejo de Imataca (SD) en un 100 %, con rocas de tipo gneises cuarzosos feldespáticos, gneises feldespáticos cuarzosos y gneises monzoníticos de color gris oscuro y blanco.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-3/6

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL								
Rosario Rivadulla	**ROL**	**CA**		**AS**		**TU**	**X**	**JU**	
	CVLAC:								
	E_MAIL	rosariorivadulla@gmail.com							
	E_MAIL	udorivadulla@gmail.com							
Enrique Acosta	**ROL**	**CA**		**AS**		**TU**		**JU**	**X**
	CVLAC:								
	E_MAIL	acosta.enrique176@gmail.com							
	E_MAIL								
Edixon Salazar	**ROL**	**CA**		**AS**		**TU**		**JU**	**X**
	CVLAC:								
	E_MAIL	edixonsal@hotmail.com							
	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:

2025 **AÑO**	**03** **MES**	**21** **DÍA**

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NBOTTG_GBEI 2025	**MS.word**

ALCANCE

ESPACIAL: Avenida 5 de Julio, entre El Orfanato Bolívar y El Hotel La Cumbre, parroquia Catedral, municipio Angostura del Orinoco**,** estado Bolívar

TEMPORAL: 3 meses.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Geología

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

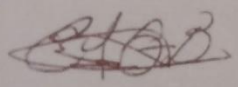
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-6/6

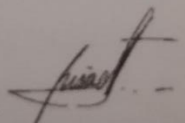
DERECHOS

De acuerdo al articulo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

"Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario "



García B. Eiris I.
AUTOR



Rivadulla Rosario
TUTOR