

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GEOLÓGICA**



**CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS
AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS
TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO
CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO
ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LOS BACHILLERES:
MARÍA ALEJANDRA BRITO
LÓPEZ Y LORENZO
NICOLÁS RAMÍREZ
MARINA, PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE 2022



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado “CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR”, presentado por los bachilleres Brito López, María Alejandra, C.I. V- 25.036.747 y Ramírez Marina, Lorenzo Nicolás, C.I.V-25.849.520, como requisito parcial para optar por el título de INGENIERO GEÓLOGO, ha sido APROBADO por el jurado integrado por los profesores, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente

Nombres y Apellidos:

Firmas:

Prof. Rosario Rivadulla

(Asesor)

Prof. Berenice Sandoval

(Jurado)

Prof. José Simón González

(Jurado)

Prof. Berenice Sandoval

Jefe de Departamento de Ingeniería Geológica

Prof. Francisco Monteverde

Director de la Escuela

En ciudad Bolívar, a los 19 días del Mes de Octubre de 2022

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi abuela Rosa María, quien con su inmensurable amor y entrega, ha estado presente en todas y cada una de las etapas de este proceso, motivándome a no rendirme, y aliviando mis cargas con pequeños detalles que solo ella sabe darme, por eso te doy mi trabajo en ofrenda madre mi, te amo.

A mi madre Miriam, quien me ha enseñado con su ejemplo, que los sueños se trabajan día a día con disciplina y esfuerzo, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus infinitas virtudes me llevan a admirarla cada día más.

A mi hermana Isabel, en quien creo profundamente que también puede llegar a alcanzar todos sus sueños, a mis primos y demás familiares que han sido parte de este camino.

De manera especial a mis tíos, Belkis y Jesús, quienes forjaron en mi un deseo de superación desde niña, de mejorarme a mi misma cada día; gracias tíos porque siempre han estado presentes para ayudarme en todo lo que he necesitado.

A mi novio Luis Emilio, por ser mi roca en cada momento, mi compañero de metas, por creer en cada uno de mis proyectos y apoyarme en ellos. Gracias por ser parte de este triunfo.

María Alejandra Brito López

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, dedico este trabajo de grado, ya que siempre se ha mantenido a mi lado en cada paso que he dado, cuidándome y guardándome de todo mal, por la salud que día a día me da, por sus infinitas misericordias para conmigo y por las fuerzas a no rendirme.

A mis padres Lorenzo Ramírez y Yenny Marina, por ser el motor que me impulso a seguir adelante cuando quería desistir, por sus consejos, los valores inculcados y por haberme guiado por el camino del bien y sobre todo por el amor que me han brindado siempre.

A mi hermano Leonardo Ramírez, aunque está a kilómetros de distancia de la familia siempre me animo a seguir adelante, y aunque, él no termino sus estudios siempre estuvo allí, este logro es para él también, y espero algún día verlo cumplir esta meta.

A mi tía Silvia Torres, por habernos cedido el lugar donde realizamos nuestro trabajo de grado.

A una gran mujer, profesional y excelente persona Prof. Rosario Rivadulla, por haber aceptado el reto de ser nuestra tutora, por impulsarnos y darnos fuerzas para terminar a través de sus palabras, por sus conocimientos impartidos a cada uno de nosotros.

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar por permitirme formar parte de su historia de profesionales salidos de dicha institución, por dejarme llevar en mi mente y corazón la palabra “Udista”. A cada uno de los profesores que compartieron no solo sus conocimientos, también las experiencias.

A la familia de la Fe, a mis hermanos de la Iglesia Evangélica Pentecostal “Unción de Dios” por todas sus oraciones durante todos los años de estudio, y luego durante la realización de este trabajo de grado.

A mi compañera de tesis María Brito por haber aceptado unirse conmigo a terminar esta labor y juntos seguir adelante, así como a cada uno de los compañeros universitarios que conocí durante todo este tiempo, algunos se convirtieron en familia, por sus palabras de aliento también estamos aquí.

Lorenzo Nicolás, Ramírez Marina

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con DIOS, por darme vida, salud, sabiduría y paciencia para poder seguir adelante a pesar de las adversidades, y poder cumplir mis metas.

A la profesora Rosario Rivadulla por brindarnos el placer de enseñarnos, por el tiempo y la dedicación que ha tenido con nosotros, por creer en nuestras capacidades y por ser de esos profesionales que ya no hay, es excepcional.

Agradecemos a la Institución INGEOMIN, por permitirnos cumplir parte de los objetivos planteados en nuestro trabajo de grado, por la buena receptividad y los conocimientos adquiridos.

A la Universidad de Oriente, por ser la casa de estudio que nos permitió formarnos, aprender y conocer personas que nos ayudaron en un momento dado de la carrera.

A los profesores por compartir sus conocimientos y experiencias para lograr esta meta, a nuestros amigos, compañeros y todas esas personas que de una u otra manera nos ayudaron a llegar hasta aquí y contribuyeron en cada paso.

Los Autores

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como objetivo de realizar la caracterización litológica y estructural de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. La metodología es de campo, descriptiva, aplicada y documental, con la descripción de las características físico - naturales del área, la descripción macroscópica de las rocas aflorantes, la clasificación textural de los sedimentos según la escala de Udden- Wentworth y la clasificación petrográfica de las rocas, la identificación de las principales estructuras y patrones estructurales y su análisis geoestadístico, y un mapa geológico de superficie. En los afloramientos se identificaron las rocas como gneis monzogranítico, que son de color blanco a gris oscuro, la textura es de grano fino a medio, con leve foliación. Los minerales principales son feldespatos, cuarzo y plagioclasa, que se presenta con granulometría variada. De las 9 muestras de rocas se identificaron 4 como gneis monzograníticos, 4 granitos (Sienogranitos) y 1 gneis granítico con leve foliación. Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y sub angulosas. El análisis petrográfico indico que los gneises monzograníticos, están compuesto con un ~35% de feldespato potásico, cuarzo en ~33%, la plagioclasa ~25% probable tipo oligoclasa-andesina; el Granito (Sienogranito), con cuarzo ~40, feldespato en un ~50% tipo pertita y microclino, la plagioclasa en ~10% con presencia de oligoclasa-andesina; el Gnéis granítico, con un ~15% de feldespato potásico, tipo microclino y mesopertitico, cuarzo en ~40% y plagioclasa, con un ~45%, tipo antipertita y tipo albita. En el Diagrama de Roseta, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimut entre 280°-310°, la cual es la predominante. Según el mapa geológico, se encuentran Sedimentos del Recientes cubren <1% del área, suelos residuales, más del 35% y rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 60%.

CONTENIDO

Página

| | |
|--------------------------|------|
| ACTA DE APROBACIÓN..... | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS | xii |
| LISTA DE TABLAS | xii |
| LISTA DE APÉNDICES | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO

| | |
|---|----|
| I SITUACIÓN A INVESTIGAR..... | 3 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2 Objetivos de la investigación | 5 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 5 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.3 Justificación de la investigación..... | 6 |
| 1.4 Alcance de la investigación..... | 7 |
| 1.5 Limitaciones | 7 |
| II GENERALIDADES | 9 |
| 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio | 9 |
| 2.2 Accesibilidad..... | 9 |
| 2.3 Descripción geológica del área en Estudio | 11 |
| 2.3.1 Provincia Imataca..... | 11 |
| 2.3.2.1 Clima | 14 |
| 2.3.2.2 Vegetación | 14 |
| 2.3.2.3 Fauna | 15 |
| 2.3.2.4 Suelos | 15 |
| 2.3.2.5 Drenaje | 17 |
| 2.3.2.6 Geología general | 18 |
| 2.3.2.7 Formación Mesa..... | 21 |
| 2.3.2.8 Sedimentos Recientes..... | 22 |
| III MARCO TEÓRICO..... | 23 |
| 3.1 Antecedentes de la investigación | 23 |

| | |
|--|--------|
| 3.2 Fundamentos teóricos | 24 |
| 3.2.1 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas | 24 |
| 3.2.4 Clasificación de las rocas Plutónicas | 26 |
| 3.2.5 Clasificación textural de los sedimentos | 29 |
| 3.2.6 Diaclasas | 29 |
| 3.2.7 Diagrama de Rosas..... | 32 |
| 3.2.7.2 Procedimiento | 33 |
| 3.3 Definición de términos básicos | 36 |
| 3.3.2 Protolito | 36 |
| 3.3.3 Tipos de rocas metamórficas | 37 |
| 3.3.3.2 Anfibolita..... | 37 |
| 3.3.3.3 Cuarzita..... | 38 |
| 3.3.4 Sills..... | 38 |
| 3.3.5 Diques..... | 38 |
| 3.3.6 Textura y estructura de la roca..... | 38 |
| 3.3.7 Afloramiento rocoso..... | 39 |
| 3.3.8 Características petrográficas | 40 |
| 3.3.9 Mapas geológicos de superficie | 41 |
| 3.3.10 Inspección de campo | 42 |
| 3.3.11 Buzamiento | 42 |
| 3.3.13 Rumbo | 43 |
| 3.3.14 Foliación | 43 |
| 3.3.15 Minerales félsicos | 43 |
| 3.3.16 Minerales máficos | 43 |
| 3.3.17 Micas | 43 |
| IV METODOLOGÍA DE TRABAJO..... | 44 |
| 4.1 Tipo de investigación..... | 44 |
| 4.1.1 Según el propósito que persigue la investigación..... | 44 |
| 4.1.2 Según el nivel de conocimiento a obtener con la investigación | 44 |
| 4.2 Diseño de la investigación | 45 |
| 4.2.1 Según la estrategia empleada para la recopilación de información | 45 |
| 4.3 Población y muestra de la investigación..... | 46 |
| 4.3.1 Población | 46 |
| 4.3.2 Muestra..... | 46 |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 47 |
| 4.4.1 Técnicas de recolección de datos | 47 |
| 4.4.1.2 Revisión documental | 48 |
| 4.4.1.3 Consultas académicas..... | 48 |
| 4.4.1.4 Análisis petrográfico de secciones finas..... | 48 |
| 4.4.2 Instrumentos de recolección de datos | 49 |
| 4.4.3 Técnicas de ingeniería geológica a utilizar | 50 |
| 4.4.3.2 Mapas geológicos de superficie | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4.3.3 Memoria explicativa..... | 51 |
| 4.4.3.4 Chequeo de campo | 51 |
| 4.4.3.5 Inspección de campo | 51 |
| 4.5 Flujograma de la investigación | 52 |
| 4.5.1 Etapa 1: Planificación y selección del área | 54 |
| 4.5.2 Etapa 2: Trabajo de campo | 54 |
| 4.5.3 Etapa 3: Análisis de laboratorio..... | 55 |
| 4.5.4 Etapa 4: Trabajo de oficina..... | 55 |
| V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 57 |
| 5.1 Describir las características físico - naturales del área mediante inspección directa en el campo..... | 51 |
| 5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes mediante inspección ocular..... | 56 |
| 5.3 Clasificación de los sedimentos del río Candelaria de acuerdo a la textura que presentan..... | 59 |
| 5.4 Clasificación petrográfica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Los Tatos mediante el análisis microscópico..... | 61 |
| 5.5 Análisis del mapa geológico de superficie..... | 69 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 78 |
| Conclusiones | 78 |
| Recomendaciones..... | 81 |
| REFERENCIAS | 82 |
| APÉNDICES | 85 |
| APÉNDICE A | 86 |
| RESULTADOS DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO EN LABORATORIO..... | 86 |
| APÉNDICE B..... | 93 |
| MINUTA DE CAMPO | 93 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|---------------|
| 2.1 Ubicación espacial relativa del área de estudio..... | 9 |
| 2.2 Ubicación Nacional regional relativa del sector en estudio..... | 10 |
| 2.3 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la provincia de Imataca..... | 12 |
| 2.4 Vegetación de sabana que caracteriza el sector en estudio..... | 15 |
| 2.5 Suelos caracteriza a la cuenca del río..... | 17 |
| 2.6 Mapa de provincias Geológicas del Estado Bolívar..... | 19 |
| 3.1 Flujo grama de la investigación..... | 44 |
| 5.1 Afloramientos rocosos en bloques con meteorización esferoidal (A y B) y a nivel de superficie..... | 51 |
| 5.2 Sills de pegmatitas (A) y pliegues abiertos (B) en los afloramientos rocosos..... | 52 |
| 5.3 Muestras de rocas..... | 52 |
| 5.4 Afloramientos de gneises foliados en el cauce del río Candelaria..... | 53 |
| 5.5 Rumbos de las foliaciones en los gneises..... | 5.3 |
| 5.6 Sistemas de diaclasas en los afloramientos del fundo Los Tatos..... | 54 |
| 5.7 Afloramiento del Complejo de Imataca rodeado de vegetación..... | 55 |
| 5.8 Sedimentos del río Candelaria en contacto con afloramientos rocosos. | 55 |
| 5.9 Diagrama de Roseta con la representación de las diaclasas y la falla... | 66 |
| 5.10 Diagrama de Rosetas con los sistemas de diaclasas..... | 67 |
| 5.11 Diagramas de Rosetas con la dirección de los esfuerzos para los sistemas de diaclasas ortogonales (A) y sistemas conjugados (B, C y D). | 68 |
| 5.12 Diagrama de Roseta con las foliaciones de las rocas en el fundo Los Tatos..... | 69 |
| 5.13 Mapa geológico del fundo Los Tatos..... | 70 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|---|---------------|
| 5.1 Coordenadas U.T.M de las estaciones..... | 56 |
| 5.2 Clasificación macroscópica de las rocas en el sector del fundo Los Tatos..... | 57 |
| 5.3 Análisis granulométrico de la muestra de sedimento M1 de la estación 4 | 59 |
| 5.4 Análisis granulométrico de la muestra de sedimento M2 de la estación 4. | 60 |
| 5.5 Datos de rumbos y buzamientos de las diaclasas, foliación y falla..... | 65 |

LISTA DE APÉNDICES

| | Página |
|--|---------------|
| A RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PETROGRÁFICOS EN LABORATORIO | 79 |
| B MINUTA DE CAMPO..... | 83 |

INTRODUCCIÓN

Los ríos son esencialmente sistemas de transferencia que recogen y transportan sedimentos hasta las grandes cuencas lacustres o marinas. Una gran parte de las precipitaciones que caen sobre la superficie del Geoide, forma cursos de agua, permanentes, o efímeros, que drenan hacia las zonas más bajas y de menor energía potencial. Con referencia a lo anterior, el área de estudio se encuentra ubicada territorialmente en Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar. Este sector ha sido sometido a diferentes estudios, los mismos no incluyen al área de la caracterización litológica y estructural de los afloramientos rocosos, por tal razón se realiza este estudio geológico a nivel exploratorio y así detectar las características presentes, las cuales fueron analizadas por distintos métodos para obtener información detallada del área de estudio para futuras investigaciones. También se reseñan las características del medio físico-natural donde se ubica el río Candelaria en cuanto a clima, vegetación, fauna.

Este estudio comprende trabajo de campo, recopilación de la información y análisis de muestras de rocas, para tener información importante del fundo Los Tatos y dar base a nuevas investigaciones más exhaustivas; donde se destaca que el proceso de caracterización litológica y estructural de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, implica un conjunto de actividades relacionadas con el trabajo de campo, en cuanto a la variedad y secuencias de dichas actividades, las mediciones geoestadísticas, la disminución de gastos para desarrollar todo lo relacionado con el trabajo de grado: material de apoyo, fotografías, impresiones, transporte, entre otros, así como una mayor prontitud para desarrollar el trabajo de grado, requieren de la participación directa y continua de los dos actores de investigación.

La realización de la investigación para realizar la caracterización litológica y estructural de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Geológica con base a las herramientas e información aprendidas en diversas asignaturas pertenecientes al plan de estudio de la carrera. Es así como este estudio está estructurado en cinco capítulos que estarán formulados de la siguiente manera:

El Capítulo I, explica el problema objeto de estudio, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación, el alcance y las limitaciones de la investigación.

El Capítulo II, contiene información referente a las generalidades del Contexto, incluyendo ubicación geográfica de dicho sector, breve descripción y límites.

El Capítulo III, muestra los antecedentes relacionados con esta investigación, la fundamentación teórica y los términos básicos para el desarrollo de la misma.

El Capítulo IV, contiene la metodología empleada, incluyendo: el tipo y diseño de la investigación, la población y la muestra utilizada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de ingeniería utilizadas y la descripción de la manera en la que se analizaron los resultados.

El Capítulo V, muestra los resultados obtenidos en la investigación, así como también el análisis de los mismos, en el cual se desarrollan los objetivos de la investigación.

Conclusiones y Recomendaciones, Referencias y Apéndice.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, 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.

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, en cuyo contexto se ubica el río Candelaria, ubicado con una altitud de 293 metros sobre el nivel del mar con Latitud $7,9624^{\circ}$ o $7^{\circ} 57'44,5''$ y Longitud $61,6458^{\circ}$ o $61^{\circ} 38' 45''$, el cual es un arroyo rico en formaciones rocosas que se articulan a lo largo de su recorrido.

Precisamente en una de éstas vertientes del río que se extiende en el perímetro del sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, donde se ubica el fundo Los Tatos en la parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, existe una variedad de afloramientos rocosos que hasta ahora no han sido objeto de estudios geológicos para determinar aspectos característicos, que desde el punto de vista geológico puedan aportar información especializada que permita construir un mapa geológico.

Desde este punto de vista, es importante, hacer una caracterización natural, física, macroscópica, de las principales estructuras y patrones estructurales, análisis

geoestadístico, que permitan la conformación de un mapa geológico de superficie de las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en esta área geológica de importancia en el contexto natural del Municipio Angostura del Orinoco y así contribuir con este estudio a detalle sobre la litología que se encuentra en la Provincia de Imataca.

Sobre esta base se plantean como interrogantes de la investigación las siguientes:

1. ¿Cuáles son las características físico - naturales del área mediante inspección directa en el campo?

2. ¿Cuál es la descripción macroscópica de las rocas aflorantes mediante inspección ocular en puntos de reconocimiento geológico de superficie?

3. ¿Cómo se clasifican los sedimentos del río Candelaria de acuerdo a la textura?

4. ¿Cómo se clasifican petrográficamente las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Los Tatos mediante el análisis macroscópico?

5. ¿Cuáles son las principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos del fundo Los Tatos, realizando chequeos de campo?

6. ¿Cuáles son los resultados del análisis geoestadístico de las mediciones de las estructuras geológicas elaborando el Diagrama de Rosas?

7. ¿Cómo es la representación de un mapa geológico de superficie de las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en el campo?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización litológica y estructural de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características físico - naturales del área mediante inspección directa en el campo.
2. Describir macroscópicamente las rocas aflorantes mediante inspección ocular en puntos de reconocimiento geológico de superficie.
3. Clasificar los sedimentos del río Candelaria de acuerdo a la textura.
4. Clasificar petrográficamente las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Los Tatos mediante el análisis macroscópico.
5. Identificar las principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos del Fundo Los Tatos, realizando chequeos de campo.
6. Realizar análisis geostadístico de las mediciones de las estructuras geológicas elaborando el Diagrama de Rosas.
7. Representar un mapa geológico de superficie de las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en el campo.

1.3 Justificación de la investigación

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación se desarrolla puesto que viene a proveer información sobre las características litológicas y estructurales de las rocas presentes en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, tras lo cual se podrá identificar a las mismas y establecer los patrones estructurales presentes, que afectan a las rocas de los afloramientos rocosos antes mencionados. Con esto se deja en evidencia una buena fuente de datos geológicos que vienen a cubrir una carencia de información detallada de la zona, orientada a impulsar el interés por el conocimiento geológico del sector.

Es por esto, que se formulan estudios en estos afloramientos con la idea de generar suficiente información geológica relacionada con la caracterización litológica y estructural de dichas formaciones rocosas, que por sus características petrográficas son consideradas de interés desde el punto de vista del aprovechamiento ornamental y de construcción que pueden dársele a este tipo de rocas, así como también minerales que pueden ser aprovechables a partir de éstas formaciones.

De igual manera, con esta investigación se pretende proporcionar información geológica a manera de reseña especializada, orientado a caracterizar las rocas aflorantes en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria e identificar cuerpos rocosos de interés comercial existentes en la región suroeste del estado Bolívar.

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 proyecto nos va aportar información actualizada sobre la naturaleza y constitución físico de los sedimentos presentes en el río Candelaria, ubicado en Ciudad Bolívar, municipio Angostura del Orinoco, del estado Bolívar.

1.4 Alcance de la investigación

La investigación estará orientada a caracterizar litológica y estructuralmente los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar; tomando en cuenta sus características físico – naturales, para proceder a la descripción macroscópica de las rocas aflorantes, hacer la clasificación de los sedimentos del río Candelaria de acuerdo a la textura, caracterizando petrográficamente las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Los Tatos, conociendo las principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos del fundo Los Tatos, realizando el análisis geoestadístico de las mediciones de las estructuras geológicas y finalmente representando un mapa geológico de superficie de las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en el campo.

1.5 Limitaciones

En el desarrollo de la presente investigación las limitaciones pudieran relacionarse con los siguientes aspectos:

1. Inversión en el pago del transporte para el acceso a la zona de estudio, y la no disponibilidad de recursos económicos.
2. Necesidad de trasladarse en varias ocasiones al lugar de estudio para la realización del trabajo de campo programado y la inversión que esa actividad implica.
3. Costo de los análisis laboratorios especializados y la falta de recursos económicos para realizar los análisis geológicos programados, dados que los existentes en la Universidad fueron vandalizados y destruidos.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La cuenca hidrográfica alta del río Candelaria, se encuentra al sur-oeste de Ciudad Bolívar, localizada en el municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, perteneciente a la Provincia Geológica de Imataca, tiene confluencia con un afluente del fundo Los Rodrigo; un ancho, para época de sequía, de 19 metros y un rumbo de N50° W, y una altitud de 42 metros sobre el nivel del mar. La naciente del río se sitúa en el cerro Del Medio y desemboca en el río Orinoco, después de recorrer 89 Km (Figura 2.1).

En cuanto al sector en estudio se ubica en el perímetro del río Candelaria, ubicado con una altitud de 293 metros sobre el nivel del mar, con latitud de 7° 57'44,5'' y longitud de 61° 38' 45'', y donde se ubica el fundo Los Tatos, en la parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

2.2 Accesibilidad

Para el acceso al área de estudio, se encuentran tramos de carretera asfaltados, así como de tierra, a través de la troncal 19, vía desde Ciudad Bolívar – La Encrucijada, y a la altura del km 16,5, y a 6,5 Km del distribuidor Marhuanta, de allí se toma un desvío hacia el sur, por una carretera de tierra, se corren 3 Km, luego se desvía hacia el este, con recorrido de 700 metros, y se encuentra la zona de estudio, en terrenos del fundo Los Tatos (Figura 2.2).

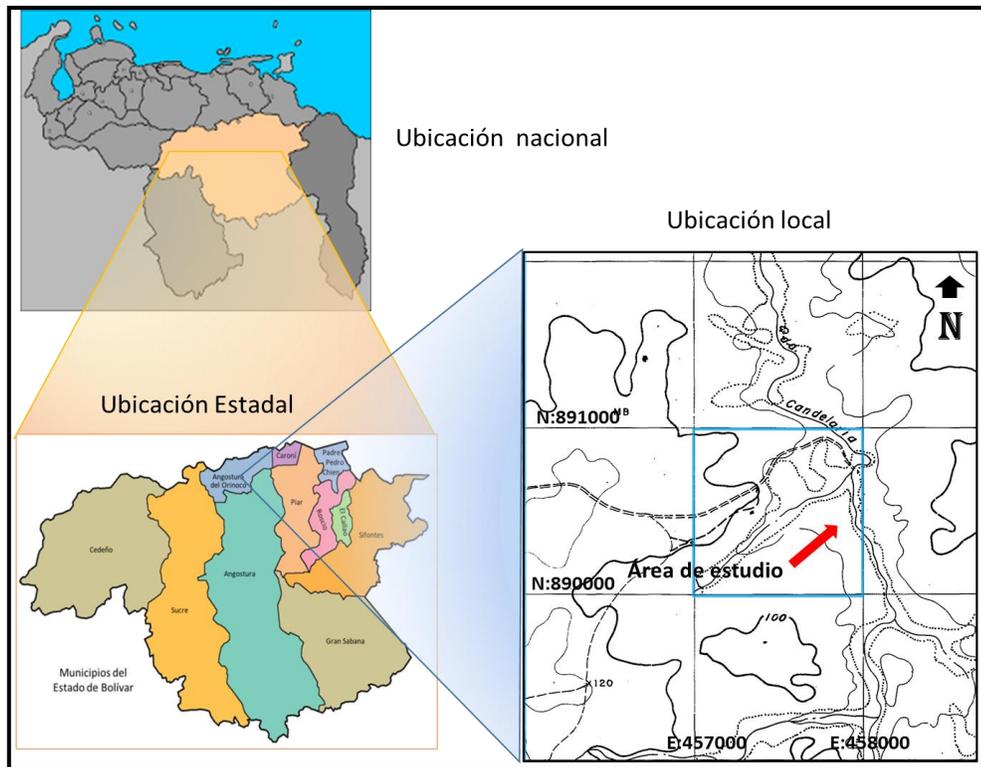


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio. (Imágenes de Google y hoja cartográfica 7540-III-SO (Manacal), a 1:25.000, año 1970.)



Figura 2.2 Ruta de acceso al área. (Google Earth, 2022)

2.3 Descripción geológica del área en Estudio

La constitución geológica de la región de estudio es sumamente compleja, presentándose como la unidad principal la Provincia Imataca, al norte de la falla Guri. A continuación, se exponen los principales rasgos geológicos de la región de estudio.

2.3.1 Provincia Imataca

La Provincia Imataca se extiende en dirección SW- NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente. No hay razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura, y por su puesto en tiempos pre-disrupción de la Pangaea a África Occidental.

Algunas compañías petroleras que perforaron la faja del Orinoco al comienzo de los años 1.980 encontraron rocas de alto grado metamórfico al Norte del río Orinoco. Sin embargo, rocas similares a las del Complejo de Imataca no han sido observadas al Oeste del río Caura y esto se interpreta como que tal río marca el límite de borde continental próximo a una zona de subducción; o representan una corteza sálica parcialmente asimilada y parcialmente cubierta por las intrusiones del Grupo Cuchivero y del Granito Rapakivi de El Parguaza.

Sin embargo, para muchos geólogos brasileros (Cordani y otros, 2.000; Tassinari y otros, 2.000), basados en cientos de determinaciones de edades radiométricas, las provincias Imataca y Pastora las incluyen en una sola provincia geocronológica denominada Maroni-Itacaiúnas, la cual limita al Norte con el río Orinoco, al Oeste con rocas sedimentarias del Grupo Roraima y volcánico-plutónicas. (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.3).

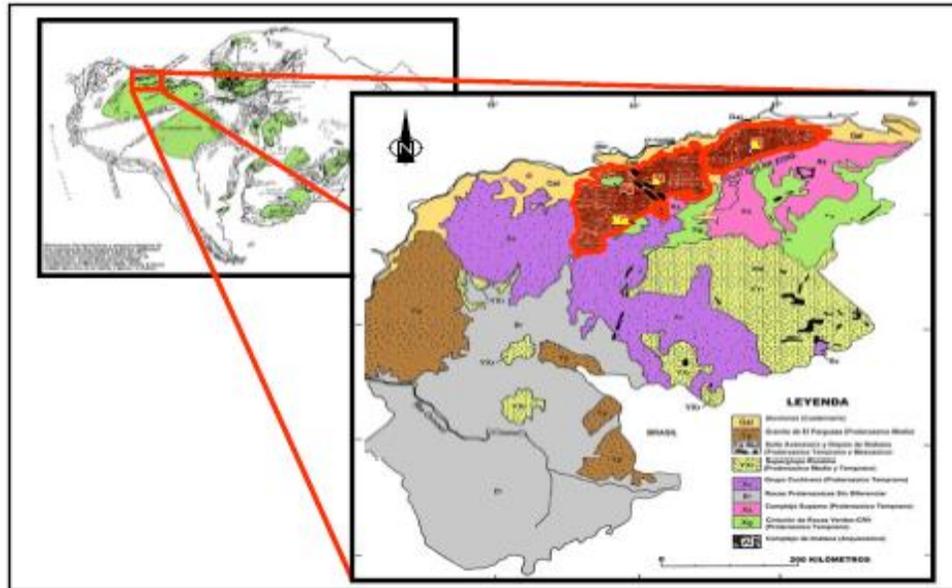


Figura 2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana con la ubicación y extensión de la Provincia de Imataca (Modificado de Mendoza, 2005).

Litológicamente la Provincia Geológica de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (15%-20%), migmatitas y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, cuarcitas, anortositas, y granitos intrusivos más jóvenes CRT-TTG gnéisicos (El Torno – Real Corona), con las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfizada, roca rodonítica – granatífera, roca cuarzo – granatífero – grafitica y esquisto bronzítico – hornabléndico-biotítico. La secuencia esta intrusionada por cuerpos graníticos básicos.

La Provincia Geológica de Imataca se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidos, con dirección este – noreste (Mendoza, V. 2005).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro del Pao, con granulitas de dos piroxeno en charnockitas, anortosita y granulita máficas y

hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C – 850 °C y moderadas a levadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos d 30 Km de presión de roca) hacia la zona de Gurí, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implica temperaturas de 650°C-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sean menores de 20 Kms de espesor de rocas). Ascanio, (1975) en Mendoza, (2005), postuló que parte al menos del Complejo Geológico de Imataca, está formado por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron uno con otro con obducción y subducción quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Ascanio, denominó a estas fajas como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba y La Laja Negra.

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí, por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N 60-70 0E, que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Guri. Ascanio (1975) postuló que parte, al menos, del Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan micro continentes, que por deriva, chocaron unos con otros con obducción y subducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Negra. Rodríguez (1997), destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia en usos ornamentales e industriales.

2.3.2 Características físico naturales del área de estudio

La recopilación de la información presente en este trabajo fue de los estudios realizados por C.V.G. TÉCNICA MINERA (TECMIN, 1989), los cuales permitieron obtener información previa sobre la accesibilidad, el clima, temperatura, suelo, fauna, vegetación, geomorfología, así como otros aspectos relevantes en la zona.

2.3.2.1 Clima

Ciudad Bolívar y sus alrededores, tienen una clasificación climática según Leslie R. Holdridge, (1953) en Freire y Perdomo, (1997), que corresponde a una zona de vida de bosque seco tropical. El clima reinante en el área de estudio es de tipo subtropical húmedo, que se divide en: estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de Mayo hasta Octubre, estación lluviosa corta que comprende desde Noviembre hasta Diciembre y una estación seca que se extiende desde el mes de Enero hasta Abril. (C.V.G –TECMIN, 1991).

2.3.2.2 Vegetación

La vegetación existente en el área, se caracteriza por zonas de sabana relacionadas a sedimentos de la Formación Mesa, en la que se distinguen vegetación herbácea y arbusto diseminados, predominante; Chaparros y Mantecos, los cuales se densifican en los márgenes de los ríos y caños afluentes al río Orinoco y en las zonas de lagunas, este tipo de vegetación también se observan en la zonas de afloramiento del Complejo Imataca.

La vegetación presente en el área de estudio es típica de sabana, y prevalecen dos tipos:

Vegetación de sabana con chaparro: La vegetación con chaparro se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura graminiforme de baja altura, entre la cual las especies más abundantes son la paja peluda (*Trachypogon plumosus*), escobilla (*Ecoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*), etc. y la vegetación arbustiva que está conformada por árboles de 2 a 4 metros de altura (TECMIN, 1991) (Figura 2.4).

Vegetación de bosques de galería: A lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería” (TECMIN, 1991).



Figura 2.4 Vegetación de sabana que caracteriza el sector en estudio.

2.3.2.3 Fauna

La fauna silvestre en el área de estudio es relativamente escasa y se encuentra ampliamente distribuida en el resto de la región. Las especies más comunes son: monos, venados, cunagueros, onzas, cachicamos, serpientes y lagartijas. La presencia de algunas de estas especies es confirmada por informantes locales y habitantes de la zona. (C.V.G. – TECMIN, 1991). Dónde no se observaron ninguna de estas especies a excepción de unas lagartijas.

2.3.2.4 Suelos

En la zona de estudio, la cobertura del suelo es mayormente areno-arcilloso rojizo a moteado y arenosos de color marrón claro, y a mayor profundidad son de colores amarillentos, grises y blancos. Los suelos que se han desarrollado en esta zona son producto de la sedimentación fluvio-deltaica que ocurrió durante el

pleistoceno. En menor proporción se observan suelos residuales de color rojizo de aspecto arcillo-arenosos que comúnmente rodean a los cuerpos Graníticos más meteorizados.

Los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisol, específicamente a los Sub – Grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

Estos suelos se desarrollan desde muy superficiales (menos de 10 cm.), hasta niveles un poco más profundos (1,5 metros). Poseen horizontes A (3–40 cm.) cuyos colores en húmedos varían desde negro y marrón grisáceo muy oscuro hasta marrón amarillento; este horizonte, generalmente, suprayace los estratos rocosos o al horizonte C, el cual ocurre a profundidades variables (4–50 cm.) con colores que varían desde marrón a amarillo (Figura 2.5).



Figura 2.5 Suelos que caracteriza a la cuenca del río Candelaria.

2.3.2.5 Drenaje

Un drenaje permite la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras. Del mismo modo, un drenaje es el que le da la forma al río. (Domingo Sánchez, 2000).

El río Candelaria tiene sinuosidad alta y canal único. Su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. En contraste con los dos tipos anteriores, las corrientes fluviales meandriformes combinan un carácter erosivo (generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro) y sedimentario (en la orilla convexa). Estas diferencias se deben, como es obvio, a la distinta velocidad de las aguas en las dos orillas. La clasificación de este meandro es de curvas en trincheras, ya que la forma que da el río permanece ha permanecido fija.

Las rocas que conforman este paisaje son los granitos, los gneises graníticos y las granulitas. Los tipos de relieve que los caracterizan son lomas, domos, glacialuviales y vegas. Son a su vez, paisajes de los más ubicuos, aunque se encuentran con mayor predominación y continuidad espacial. El sitio donde se pueden observar estos paisajes es al sur de la desembocadura de los Morichales Guaricongo - Los Caribes en el río Candelaria y en el afloramiento “Piedra Las Dos Hermanas” (Ochoa, G., 1983).

Planicies: son los paisajes más abundantes y de mayor uniformidad, presentando pendientes que varían de 0 a 4%; las hay de origen de posicional, residual y combinación de estos, de posicional - residual. Los más importantes son del tipo de posicional y corresponden a la Formación Mesa, que consisten en sedimentos del Plio-pleistoceno. Estas planicies, en parte han sido muy disertadas a costa del retroceso progresivo del sistema de cárcavas.

2.3.2.6 Geología general

La hoja geológica de Ciudad Bolívar se encuentra incluida dentro del Escudo de Guayana, en cual es compartido con Brasil, las Guyana y una pequeña porción con Colombia. Por otra parte, el conjunto geológico se correlaciona por deriva de tectónica de placas con el cartón africano. La porción del Macizo Precámbrico en Venezuela comprende aproximadamente 50% del territorio Nacional y se localiza al sur del río Orinoco y ha sido dividido en cuatro unidades geológicas bien diferenciadas en cuanto tipo litológicos, grados metamórficos, controles estructurales, edades de formación y otros que dé más antigua a más joven como son la siguiente: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima (Menéndez, 1968) (Figura 2.6).

Así mismo, es importante mencionar que en estas unidades geológicas han sido localizados yacimientos de dimensiones importantes en los que se destacan Hierro, Oro, Bauxita y Diamantes y también se encuentran depósitos menores de manganeso.

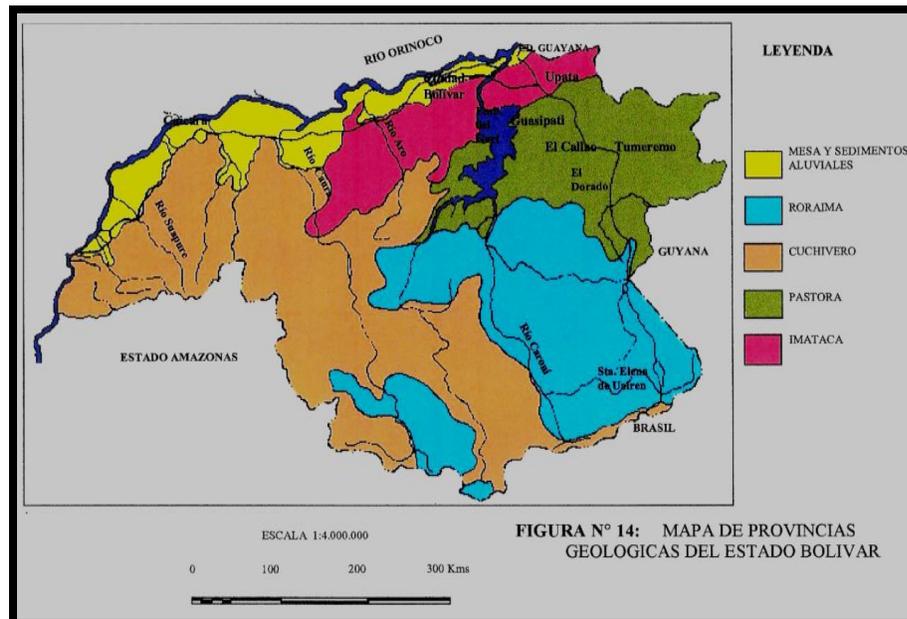


Figura 2.6 Mapa de Provincias Geológicas del estado Bolívar.
(Mac Lachlan, J. y Hess, D. 2016)

2.3.2.7 Geología regional

El Escudo de Guayana se extiende al sur del río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. Está litológicamente formado por rocas Precámbricas, es decir, antes de la Era Paleozoica o Primaria. Estas rocas constituyen unas de las formaciones geológicas más antiguas del planeta. La composición del macizo está representada fundamentalmente por rocas ígneas producidas por la solidificación magmática en el fondo de los mares primitivos, que posteriormente emergieron como grandes bloques continentales; luego el metamorfismo influyó en la transformación de parte de estas rocas y de otras más jóvenes que fueron apareciendo. (González de Juana y otros, 1.980).

La historia geológica del escudo de Guayana revela cuatro de los cinco ciclos tecto-termales de significación mundial: La orogénesis Guriense (3.600 m.a. – 2.700 m.a.) durante la cual se desarrolló un cinturón tectónico granulítico (Provincia Imataca o Bolívar); la orogénesis Pre-Transamazónica o Guayanense (2.600 m.a. – 2.100 m.a.) en la que se desarrolla un cinturón móvil ofiolítico-turbidítico; la orogénesis Transamazónica (2.000 m.a. – 1.700 m.a.) que representa un magmatismo de tipo ácido con escaso tectonismo asociado; y la orogénesis Orinoquense (2.100 m.a. – 800 m.a.) que representa un evento de reajustes isostáticos (González de Juana, Iturralde de A. y Picard, 1980).

En el Paleoproterozoico (orogénesis Transamazónica, 2.300 m.a. – 1.800 m.a.) el cratón Imataca-Kanuku se fracturó y se separó, formándose entre los bloques en deriva, Imataca a un lado y Kanuku y cratones equivalentes de Brasil al opuesto, el océano Pastora-Barama-Mazzaruni, donde se produjeron bajo un régimen de tectónica de placas similar al actual, cinturones de rocas verdes más evolucionados (Mendoza, 2005).

Dentro de ese régimen de tectónica de placas se produjeron nuevas cuencas y subcuencas, nuevos y más evolucionados cinturones de rocas verdes desde paralelas hasta normales a las cuencas anteriores, que recibieron espesas secuencias turbidíticas volcanogénicas de composiciones intermedias a félsicas, cerrándose los mares con sedimentos molasoides, suturándose y acrecionándose así las rocas de Pastora (más joven) debajo de Imataca (más antigua) (Mega-falla de Guri), coincidiendo o formando parte del gran supercontinente Atlántica.

A los arcos de islas de Botanamo, acrecionados junto con Pastora e Imataca, siguió algo más tarde (unos 20 m.a. – 30 m.a.) la fusión parcial más profunda de material del manto que calentó, fracturó y se mezcló con material de la corteza, predominantemente granítico tipo (tonalíticos – trondhjemíticos – granodioríticos), para con muy poco fraccionamiento producir, en un borde continental activo tipo Andes, magmas riolíticos que se emplazaron y cristalizaron como las rocas volcánicas y piroclásticas de Caicara, cristalizando a niveles meso-catazonales sus comagmáticos granitos calco-alcalinos de la Asociación Cuchivero (granitos de Santa Rosalía y San Pedro) y sus equivalentes del arco magmático Cuchivero durante el evento Orocaima (1.980 m.a. – 1.880 m.a.), al final de la orogénesis Transamazónica que se había iniciado hacia 2.300 m.a., y que concluyó hacia 1800 m.a. pre-sedimentación de la facies molasa, y posttectónica del Grupo Roraima (Mendoza, 2005).

El área de estudio correspondiente a la hoja cartográfica de Ciudad Bolívar N° 7440 e integra unidades geológicas aflorantes y discordantes entre sí; tales unidades son las siguientes: el basamento ígneo-metamórfico del Complejo Imataca, perteneciente al Arqueozoico de la era Precámbrica y dos unidades del Cenozoico de edad Cuaternaria, correspondientes a sedimentos de la Formación Mesa, el periodo Pleistoceno y sedimentos aluvionales de edad Reciente. A su vez los tipos litológicos del Complejo Imataca son intrusionados por rocas básicas anfibólicas.

2.3.2.7 Formación Mesa

La Formación Mesa abarca una extensión que comprende los estados Anzoátegui, Guárico, Monagas, parte del estado Sucre y la parte septentrional del estado Bolívar. Esta formación está constituida litológicamente por areniscas de grano grueso y gravas con cemento ferruginoso cementadas y muy duras; capas lenticulares de conglomerado, areniscas blanco amarillentas, rojo y púrpura con estratificación cruzada, además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limonita.

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

La Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de granos central se desarrollaron grandes ciénagas, considera que los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior.

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

residuales producto de la alteración química de las rocas del Complejo de Imataca, presentándose en forma arenosa o arcillosa (Franzone y Medina, 2007)

2.3.2.8 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos provienen de la descomposición de las rocas del complejo de Imataca y de la Formación Mesa. Localmente estos sedimentos están constituidos por materiales como cantos, grava, arena, limo y arcilla provenientes de la meteorización física y química de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron arrastrados por las aguas de escorrentía, viento y ríos de la zona y depositados a partir del Holoceno hasta el presente. Presentan diferentes espesores, que van de algunos cuarenta y dos (42) metros hasta probablemente unas docenas de metros, generalmente sueltos y porosos, de colores amarillento o blanco y granulometría variable. La mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos recientes está constituida por 70% de cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios (Betancourt, O. 1998)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los estudios que constituyen antecedentes relacionados con el tema de estudio, son los siguientes:

Mendoza, B., H. (2004), en el “**INFORME GEOLÓGICO HOJA MARHUANTA (N° 7540) ESCALA 1:100.000**”, cita que: El trabajo geológico incluyo la integración e interpretación de toda la información geológica, material bibliográfico, cartográfico y de sensores rémelos, para la elaboración del mapa base y planificación del trabajo de campo, incursión a campo con la finalidad de chequear y hacer muestreo de los puntos más importantes y controversiales, las muestras se analizaron en los laboratorios de INGEOMIN, obteniendo como resultado: el mapa geológico final, donde afloran cuatro unidades estratigráficas, el basamento ígneo-metamórfico del Complejo de Imataca y Granito de La Encrucijada de la Era Precámbrica, dos unidades del Periodo Cuaternario, sedimentos de la Formación Mesa del Pleistoceno y sedimentos recientes aluvionales del Holoceno. El patrón estructural encontrado en la hoja de estudio, es Noroeste (N40°-600W) con marcada tendencia hacia el Este-Oeste. El potencial geoeconómico de la zona son las rocas ornamentales, representadas por granitos y gneises, conocidos en el mercado como Granito Multicolor y Granito Rosado y las arenas utilizadas en la industria de la construcción. De este trabajo de recopilará información geológica general y características petrográficas de las rocas aflorantes en el área de estudio.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas

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

Estos son:

1. La asociación mineral dominante,
2. La estructura de la roca.
3. El tipo de protolito.
4. Las condiciones de metamorfismo
5. la composición química de la roca.

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

3.2.3.1 Clasificación basada en el protolito

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

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

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

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

Estos tres criterios: Composición, mineralogía, estructura y grado de metamorfismo son esenciales para clasificar cualquier roca metamórfica. El problema que se presenta es que una misma roca puede ser denominada con varios nombres distintos según el criterio empleado. El tipo de estudio geológico y la finalidad de las denominaciones son, entre otros, los factores que condicionan el uso de uno u otro

criterio. Por ejemplo, un esquisto derivado de un protolito sedimentario puede ser denominado como metagrauvaca según la composición del protolito, como esquisto de grado medio, según la paragénesis mineral o simplemente esquisto siguiendo el criterio estructural.

3.2.4 Clasificación de las rocas Plutónicas

Las rocas ígneas plutónicas se denominarán en función de su composición modal, pudiéndose encuadrar dentro de dos casos generales:

1. Rocas con $M < 90$ (siendo M el porcentaje de minerales que no correspondan con cuarzo, plagioclasa, feldespatos alcalinos y feldespatoideos, es decir, todos los minerales máficos más algunos otros claros como la moscovita, los carbonatos o el apatito). En este caso las rocas se proyectarían en el clásico diagrama QAPF (Figura 3.1), donde Q hace referencia a la abundancia relativa de cuarzo, P a la de plagioclasa con la excepción de la albita, A la cantidad de feldespatos alcalinos (incluida la albita) y F indicando el porcentaje relativo de minerales del grupo de los feldespatoideos (por ejemplo, nefelina, leucita o sodalita-haüyina) (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

En este grupo se encuentran granito rico en cuarzo, granito, granodiorita, cuarzo sienita, sienita, cuarzo sienita de feldespato alcalino, sienita de feldespato alcalino cuarzo monzonita y monzonita (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

Tanto el término sienogranito como el de monzogranito hacen referencia a rocas plutónicas que forman parte de un único campo de clasificación (Granito). Tradicionalmente se han diferenciado estos dos términos para distinguir granitos con una mayor relación feldespato potásico/plagioclasa e índice de color generalmente más bajo (sienogranitos, también denominados leucogranitos) de aquellos con un

porcentaje relativo mayor de plagioclasa e índice de color más elevado (monzogranitos) (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

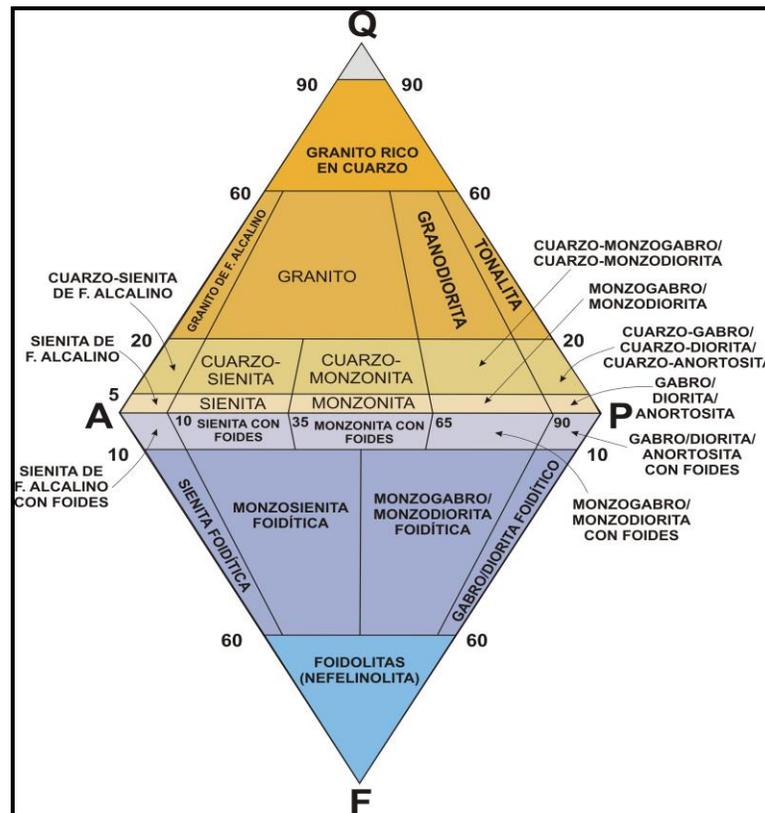


Figura 3.1 Diagrama de Streckeisen para rocas ígneas plutónicas (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

Las rocas dominadas por la plagioclasa se proyectan en campos que admiten tres términos: anortosita, diorita y gabro. La anortosita se distingue por tener $M < 10$, la diorita tiene $M > 10$ y la composición de la plagioclasa está en el rango An0-An50, y el gabro tiene $M > 10$ y la composición de la plagioclasa está en el rango An50-An100 (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

2. Rocas con $M > 90$ o rocas ultramáficas. Estas rocas poseen unos diagramas de clasificación propios que también están basados en los porcentajes de las fases minerales más frecuentes, que son olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno y anfíbol. Otros minerales que pueden presentar estas rocas en porcentajes menores son la plagioclasa, la espinela y el granate (Universidad Complutense de Madrid, 2014).

3.2.4.1 Texturas que definen el tipo de roca ígnea

Mediante la determinación de unas pocas características globales de una roca, se puede definir una textura general de la misma que por un lado ayuda a la hora de clasificarla y por otro permitirá a alguien que no haya visto la roca hacerse una idea clara del tipo de roca ígnea en cuestión. Estos son los parámetros que comúnmente se evalúan para hacer esta descripción (Universidad Complutense de Madrid, 2014):

1. Grado de cristalinidad: holocristalina, hipocristalina, vítrea y perlítica.
2. Tamaño relativo de los cristales: texturas equigranular: Inequigranular, inequigranular seriada, porfídica, porfídica seriada, glomeroporfídica, poiquilítica y ofítica.
3. Tamaño absoluto de grano: fino, medio, grueso y muy grupo, y criptocristalina
4. Forma de los cristales: idiomorfos prismáticas, tabulares y aciculares, subidiomorfos, alotriomorfos y alotriomorfos con cristales intersticiales, textura hipidiomorfa y textura panalotriomorfa.

3.2.5 Clasificación textural de los sedimentos

El amplio rango de tamaños de las partículas en los sedimentos y rocas sedimentarias, hace que las escalas logarítmicas o geométricas sean mucho más prácticas que las lineales; debido a esto se han desarrollado gran cantidad de escalas (Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2001).

La Escala de Udden-Wentworth es la escala más usada por los sedimentólogos. Usa el milímetro (mm) como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño de cada una de las partículas sedimentarias. Emplea la razón $\frac{1}{2}$ para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño (1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, entre otros), por lo que se extiende desde valores menores que 256 mm a mayores que 256 mm (Tabla 3.1). Se obtienen así los términos de la escala granulométrica, divididos en cuatro clases, de más pequeño a más grande: arcilla, limo, arena y grava (Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2001).

3.2.6 Diaclasas

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

Las diaclasas se propagan durante un proceso de fractura continuo o mediante una serie de rupturas sucesivas. A menudo se reconocen en familias con espaciados regulares que pueden ser reconocidos en áreas con poca deformación, aunque en otras ocasiones, pueden tener un espaciado irregular.

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

- a) Orientación de la diaclasa (es decir, dirección, buzamiento y sentido del mismo).
- b) Espaciado entre las diaclasas sucesivas de la misma orientación.
- c) Apertura, es decir, distancia media entre las paredes de la junta.
- d) Persistencia y penetratividad: continuidad de las juntas o longitud de sus trazas.

Tabla 3.1 Escala de Udden-Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Departamento de Geología-Universidad de Oriente, 2001).

| Características Del sedimento | | Fragmento | Grado | Tamaño (mm) | | Tamizado | Nombre de la roca Consolidada |
|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|---------------|---------------------|---|--|
| | | | | Decimal | Fracción | | |
| Sedimento | Granular (Análisis mecánico) | Canto rodado (Cantos grandes) | Canto o bloque | Muy Grande | | 4-2m. | Pasa por el tamiz N°3 y es retenida por el tamiz N°4 |
| | | | | Grande | | 2- 1 m. | |
| | | | | Mediano | | 1-0,5m. | |
| | | | | Pequeño | | 0,5-0,256m. | |
| | | Guijarro (Cantos medianos) | Guijón | Grande | | 256-128 | |
| | | | | Pequeño | | 128-64 | |
| | | Grava (Cantos pequeños) | Guijarros | Muy Gruesa | | 64-32 | |
| | | | | Gruesa | | 32-16 | |
| | | | | Media | | 16-8 | |
| | Fina | | | | 8-4 | | |
| | | Gránulos | Muy Fina | | 4-2 | | |
| | Cohesivo (Análisis por pipeteado hidrómetro) | Arena | Muy Gruesa | 2- 1 | 2- 1 | Pasa por el tamiz N°4 y es retenida por el tamiz N° 200 | Arenisca |
| | | | Gruesa | 1-0,5 | 1- 1/2 | | |
| | | | Media | 0,5-0,25 | 1/2- 1/4 | | |
| | | | Fina | 0,25-0,125 | 1/4- 1/8 | | |
| | | | Muy fina | 0,125-0,0625 | 1/8- 1/16 | | |
| | | Limo | Grueso | 0,0625-0,0313 | 1/16-1/32 | Pasa Por el tamiz | Limolita |
| | | | Medio | 0,0313-0,0156 | 1/32-1/64 | | |
| | | | Fino | 0,0156-0,0078 | 1/64-1/128 | | |
| Muy fino | | | 0,0078-0,0039 | 1/128-1/256 | | | |
| Arcilla | | Gruesa | 0,0039-0,0020 | 1/256-1/512 | Lutitas y Argilitas | | |
| | Media | 0,0020-0,0010 | 1/512-1/1.024 | | | | |
| | Fina | 0,0010-0,0005 | 1/1.024-1/2.048 | | | | |

e) Rugosidad superficial, propiedad que condiciona su comportamiento friccional.

f) Presencia o ausencia de relleno, y características del mismo.

Según Ramsay, J. (1987) entre los tipos de diaclasas más comunes tenemos: verticales, paralelas, ortogonales y conjugadas.

3.2.6.1 Diaclasa vertical

Se forman cuando las rocas ígneas se enfrían y se desarrollan fracturas de retracción que producen columnas alargadas en forma de pilares. También recordemos que el alejamiento produce un modelo de diaclasas suavemente curvadas que se desarrollan más o menos en paralelo a la superficie de los grandes cuerpos ígneos, como los batolitos. En estos casos, la formación de diaclasas es consecuencia de la expansión gradual que se produce cuando la erosión elimina la carga suprayacente. En rocas sedimentarias las diaclasas se forman debido a presiones de sobrecargas cuando estratos suprayacentes tienden a fracturar la roca (Ramsay, J. (1987).

3.2.6.2 Diaclasas paralelas

Las diaclasas tienen distintas direcciones y buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos. En el caso más común cuando existen dos o más familias de diaclasas que se intersectan formando ángulos más o menos constantes entre 30 y 60 grados, se denominan sistema de diaclasas (Ramsay, J. (1987).

3.2.6.3 Diaclasas ortogonales

Las diaclasas tienen iguales dirección de buzamiento, por lo tanto, se cortan en determinados puntos en el caso más común cuando hay un conjunto de familias de diaclasas que afectan el mismo volumen de roca y se interceptan formando ángulos más o menos constante y geométrico semejantes a 90 grados (Ramsay, J. (1987).

3.2.6.4 Diaclasas conjugadas

Son las que muestran una intersección de no 90°, generalmente algo de 45°; es decir, dos disposiciones de diaclasas muy juntas en ángulo recto con una tercera, producida por el mismo sistema de tensiones (Cornelius, K. y Cornelius, H. (2002).

3.2.7 Diagrama de Rosas

Es un histograma circular que muestra los datos de dirección y la frecuencia de cada clase. Los diagramas de rosa son de uso común en la geología sedimentaria para mostrar datos palaeocorrientes, o la orientación de partículas. En geología estructural diagramas de rosa se utilizan para trazar la orientación de las articulaciones y los diques. Las direcciones del viento y frecuencias también se pueden trazar en los diagramas de rosa (pdfcoffee.com, 2022).

3.2.7.1 Roseta de diaclasas

Una roseta de diaclasas 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 o la dirección de inclinación. En conclusión, se puede describir este diagrama como un histograma de forma redonda. Significa los rangos de azimut se ubican al margen del

circulo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respecto de un rango se encuentra en el eje desde el centro como 0%) hacia al margen (como 100%) (Figura 3.2) (pdfcoffee.com, 2022).

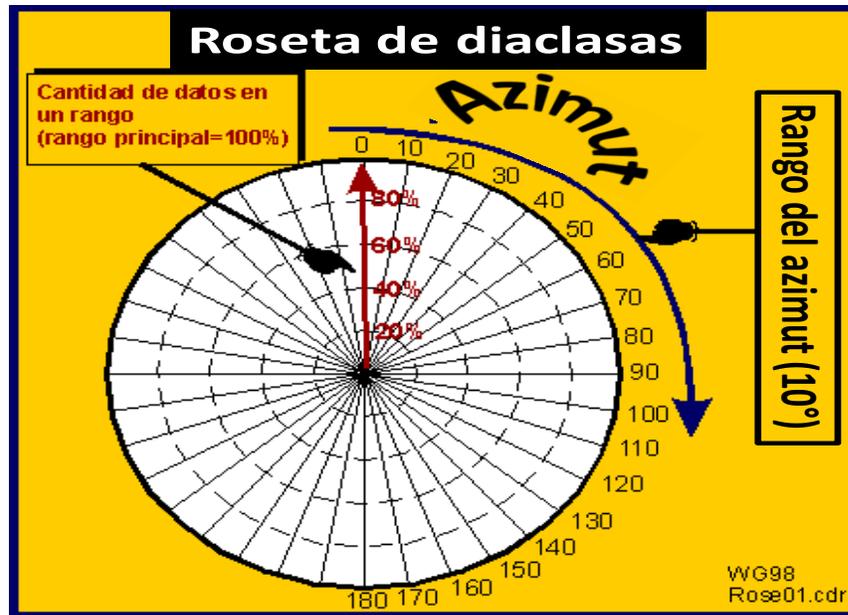


Figura 3.2 Rosa o roseta de diaclasas (pdfcoffee.com, 2022).

3.2.7.2 Procedimiento para confeccionar una roseta

Para confeccionar una roseta se necesita una base de datos tectónicos (alrededor de 200 datos). Además, existen programas computacionales que calculan este tipo de diagrama automáticamente. Pero sería mejor siempre verificar los resultados porque existen varios tipos diferentes de este tipo de diagramas. Además, existen tres tipos de notaciones para datos tectónicos. Lo mejor sería para 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 los resultados (pdfcoffee.com, 2022).

3.2.7.3 Confección gráfica

1. Sí, existe una base de datos de círculo completo (Dirección de inclinación /manteo) es necesario para transformar los datos al rumbo. Principalmente entonces se restan o suman 90° de la dirección de inclinación y el resultado sería el manteo. Mucho más fácil funciona eso con una tabla para transferir los datos (Tabla 3.1).

2. La tabla para traspasar los datos hacia el rumbo permite un traspaso sin calcular. Se traspasan los datos tectónicos por rangos no por cada dato.

Las dos primeras columnas (Dir1 y Dir2) pertenecen a datos de la dirección de inclinación, la tercera columna indica el azimut correspondiente.

Ejemplo: 65/31 como dirección de inclinación pertenece al rango 60-69 (columna Dir1) entonces está adentro del rango 150-159 como azimut. 242/74 como dirección de inclinación se ubica como dirección bajo columna Dir2 y pertenece entonces al rango de azimut (igual como el dato anterior) 150-159. Significa los dos planos (65/31 y 242/74) tienen un azimut casi igual, solamente se inclinan a lados opuestos. Pero para la roseta solamente el azimut tiene valor, por eso pertenecen al mismo rango (Figura 3.3).

3. Rango mayor = 100 %: Se define el rango de mayor cantidad de datos tectónicos como 100 %.

4. Se calcula el porcentaje de los otros rangos a base de la cantidad de rango mayor (100 %).

Se rellena los segmentos del diagrama con los valores del rumbo correspondientes. Significa el rango de 100% se rellenan desde el centro hacia el

margen. Eso mismo se hacen con el segmento opuesto. Un rango que solamente corresponde con 40 % de datos se rellenan desde el centro hacia la línea de 40 %. (además el sector opuesto) (pdfcoffee.com, 2022).

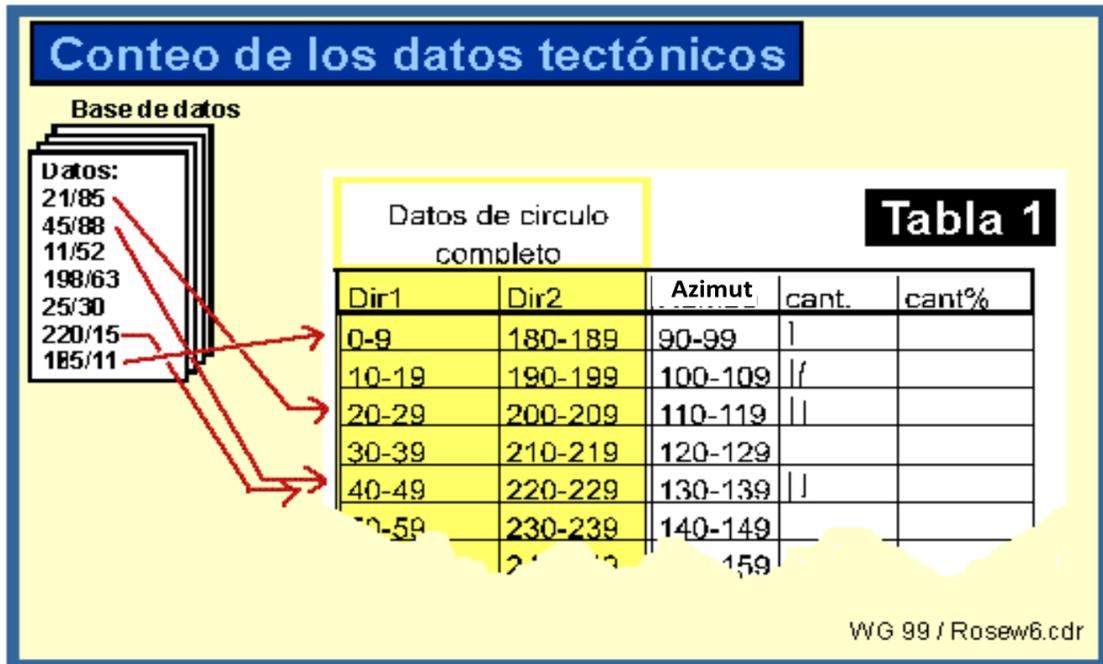


Figura 3.3 Conteo de los elementos de un grupo de datos (pdfcoffee.com, 2022).

Rosas de diaclasas computacionales: mucho más fácil es realizar la rosa de diaclasa con un programa computacional. Por supuesto con todas las preocupaciones, es muy recomendable verificar los resultados. Por la gran cantidad de diferentes tipos de rosas hay que siempre mencionar en el texto descriptivo el tipo de la rosa y la cantidad de datos usados. Como la rosa es un diagrama de las estructuras verticales o semi-verticales sería mejor eliminar todos los elementos de un manteo (o buzamiento) menor de 20°. Nunca jamás de usan elementos con un valor del manteo menor de 10° (pdfcoffee.com, 2022).

La razón es que planos casi horizontales marcan una gran variedad en el rumbo - una pequeña irregularidad cambia fuertemente el rumbo. Por eso las estructuras casi horizontales "ensucian" el diagrama. La mayoría de los programas tienen filtros propios para excluir estos datos no deseados. Si no es así hay que eliminarlo manualmente (pdfcoffee.com, 2022).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas, resultan de la transformación de los dos tipos de rocas anteriores por grandes presiones debido a su enterramiento a grandes profundidades o esfuerzos tectónicos y/o por el calor derivado de su contacto con masas de rocas más calientes o magmas situadas a gran profundidad en el interior de la Tierra (Méndez, J., 2006).

Al analizar una roca, después de identificar los minerales constituyentes y determinar si la roca es homogénea (formada por un solo mineral) o heterogénea (constituida por más de una especie mineral, lo más común), se debe considerar también su textura y su estructura (Méndez, J., 2006).

La clasificación de rocas metamórficas se basa en la textura, ensamblaje mineral y composición química (Méndez, J., 2006).

3.3.2 Protolito

Se refiere a la roca original anterior al metamorfismo. En un metamorfismo de bajo grado donde la textura original es preservada, el protolito es fácilmente

reconocible. Al aumentar el grado de metamorfismo y cambiar la textura, así como la composición química, es más difícil determinar el protolito (Méndez, J., 2006).

3.3.3 Tipos de rocas metamórficas

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

3.3.3.1 Gneis

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

3.3.3.2 Anfibolita

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

3.3.3.3 Cuarcita

Roca de grano medio a fino, constituida esencialmente por cuarzo (más del 80%) y algo de micas y/o feldespatos. Las cuarcitas derivan de rocas sedimentarias Detríticas ricas en cuarzo (areniscas cuarcíticas) con las que no deben confundirse. Son rocas masivas o bandeadas, sin foliación marcada y textura granoblástica deformada o no (Bard, P.J., 1985).

3.3.4 Sills

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

3.3.5 Diques

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

3.3.6 Textura y estructura de la roca

La textura de una roca viene definida por la forma y las dimensiones de los componentes de dicha roca y por las relaciones entre éstos, mientras que la estructura se define por las características a gran escala como consecuencia de su historia geológica, es decir, las distintas deformaciones que ha experimentado la roca hasta llegar a su aspecto actual, existe una convención en la que el término estructura se usa para definir las características de los componentes de la roca, mientras que con el

término textura se entiende la disposición espacial de una roca en función de las deformaciones experimentadas (Méndez, J. 2006).

3.3.7 Afloramiento rocoso

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

Los afloramientos permiten la observación directa y el muestreo de la roca madre in situ para el análisis geológico y la creación de mapas geológicos. Las mediciones in situ son críticas para el análisis adecuado de la historia geológica y los afloramientos son, por lo tanto, extremadamente importantes para comprender la escala de tiempo geológico de la historia de la tierra. Algunos de los tipos de información que no se pueden obtener salvo de afloramientos de roca madre o mediante operaciones precisas de perforación y extracción de núcleos, son orientaciones de las características de la geología estructural (por ejemplo, planos de lechos rocosos, ejes de plegamiento, foliación), orientaciones de las características de depósitos, orientaciones paleomagnéticas (Martínez, R. 2003)

3.3.8 Características petrográficas

Mottana, A.; Crespi, R. y Liborio, G. (1998) establecen que la descripción petrográfica se aplica a las rocas con el fin de conocer su clasificación petrográfica, además de cualquier evidencia de fisuras, discontinuidades, alteraciones, poros, entre otros; que pueda tener alguna influencia en el comportamiento del material en su fase de utilización y condicionar su evolución en transcurso del tiempo. En ella se describe la composición mineralógica, con indicación del estado de alteración de sus componentes.

El equipo empleado consiste en lupa estereoscópica y microscopio óptico de polarización. En caso de ser necesario, se complementa con análisis por Rayos X. El análisis se efectúa mediante la utilización de una o varias de las siguientes técnicas: que explica Méndez, J. (2006):

1. Observación macroscópica con lupa binocular: Se realiza en la muestra fresca, tal y como fue tomada en el afloramiento, empleando aumentos variables entre x10 y x63.

2. Observación microscópica con el microscopio óptico de polarización (análisis petrográfico). Con luz transmitida (para minerales translucidos). Se realiza sobre cortes delgados de la roca o mineral montados en láminas de portaobjetos (sección delgada), de aproximadamente 20-30 μm de espesor.

Con luz reflejada (para minerales "opacos"). La observación se efectúa a partir de preparaciones delgadas o calcográficas. Para el caso de muestras molidas o de sedimentos, preferentemente de granulometría inferior a malla ASTM N° 18 (1mm), la observación se realiza a partir de preparaciones "grano suelto".

Observación con el microscopio electrónico y análisis con la micro sonda electrónica.

3.3.9 Mapas geológicos de superficie

El mapa geológico es una publicación científica que documenta la expresión superficial de la configuración geológica de una región. La información expresada en el mapa geológico permite la reconstrucción tridimensional de los objetos geológicos. Un mapa geológico es la representación a escala reducida de la realidad, de los diferentes tipos de unidades geológicas que afloran en la superficie terrestre así como de sus respectivos contactos y características estructurales (Mac Lachlan, J. y Hess, D. 2016).

La representación de los elementos naturales sobre el mapa geológico es una abstracción que hace el científico de la diversidad presente en la naturaleza. Para hacer esta abstracción el geólogo ha de usar algún criterio por el que clasifique los fenómenos que observa, y que le permita reducirlos a clases discretas. En la mayor parte de los casos, este criterio corresponde al de la naturaleza litológica del objeto geológico (Padilla, C. y Sánchez J. 2013).

La cartografía geológica va a tener diferentes características dependiendo de los tipos de rocas que se encuentran en el territorio estudiado, por lo que para una primera introducción al mapa geológico es preciso, en primer lugar, hacer una breve descripción de los principales grupos de rocas que van presentar también una expresión distinta sobre la cartografía (Mottana, A.; Crespi, R. y Laborío G. 1998).

3.3.10 Inspección de campo

En los trabajos de campo, el geólogo realiza una serie de itinerarios buscando afloramientos, es decir, zonas expuestas en la superficie de la Tierra que permiten observar las características geológicas del subsuelo. Con la ayuda de las herramientas típicas del trabajo de campo (martillo, lupa, brújula), intenta identificar las rocas presentes en el afloramiento, así como todas aquellas características útiles (fósiles, orientación de planos y lineaciones en las rocas, entre otros.) en la posterior identificación. El trabajo de campo puede ser extremadamente duro por lo que, a menudo, se trabaja previendo que no se volverá más al afloramiento estudiado. Así, cualquier observación ha de ser minuciosamente documentada en una libreta de campo, esquematizada mediante gráficos adecuados, fotografiada si se considera necesario y muestreada si ello es indispensable (Pedraza, J. 2007).

3.3.11 Buzamiento

Es el ángulo que forma la línea de máxima pendiente de una superficie de un estrato, filón o falla con su proyección sobre el plano horizontal (González, I. y Ferrer, M. 2002).

3.3.12 Falla

Son rotura en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar un movimiento llamado desplazamiento, originado con movimientos de fuerzas tectónicas en la corteza terrestre, los cuales provocan roturas en la litosfera (Elizalde, G. y Rosales, A. 2007).

3.3.13 Rumbo

El rumbo se puede definir como la línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal, es como una superficie de agua que es siempre horizontal, se hunde el plano hasta la mitad, la línea hasta donde se mojó el plano será el rumbo petrología sedimentaria, estratigrafía, dinámica de fluidos, geoquímica, oceanografía y otras muchas (Padilla, C. y Sánchez J. 2013).

3.3.14 Foliación

Tipo de estructura bandeada que presentan los minerales que forman el gneis y otras rocas metamórficas de alto grado (González, I. y Ferrer, M. 2002).

3.3.15 Minerales félsicos

Término genérico para referirse al cuarzo y silicatos del grupo de los feldespatos, generalmente de colores claros y baja densidad relativa (Mottana, A.; Crespi, R. y Laborío G. 1998).

3.3.16 Minerales máficos

Término genérico para referirse a silicatos ricos en hierro y magnesio, como olivino, piroxeno, hornblenda, biotita, etc., generalmente de colores oscuros y alta densidad relativa (Martínez, R. 2003).

3.3.17 Micas

Minerales compuestos de tetraedros de sílice y alúmina (silicato alumínico) unidos en una estructura cristalina bidimensional (planar) que contiene muy diferentes elementos. Ejemplos: moscovita (de potasio), biotita (de potasio, hierro y magnesio) (Pedraza, J. 2007).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE 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 Acuña, M. (2010) 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. 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 cuenta 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 Acuña, M. (2010) 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”.

Es así, como la investigación se plantea como descriptiva por que 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.

Igualmente, se puede caracterizar esta investigación como explicativa; ya que se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno. Se revelan las causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del fenómeno de forma deductiva a partir de teorías o leyes. “La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio” (Balestrini Acuña, M. 2010).

Este tipo de investigaciones pretenden lograr la comprensión o entendimiento de un fenómeno determinado y busca primordialmente la confirmación o no de tesis, catalogadas de tercer grado, las cuales han sido descritos como estudios basados en el hecho de identificar y analizar las distintas variables independientes, así como sus resultados y también la interrogante o hipótesis formuladas.

4.2 Diseño de la 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, C. (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.

De igual manera, la investigación posee un diseño documental al considerarla Balestrini Acuña, M. (2010) como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales; impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte a nuevos conocimientos”. 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

Según Arias, F. (2012), la define como “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”. La población está representada por los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

4.3.2 Muestra

Según Arias, F. (2012) “Es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. En este caso se utilizará el muestreo intencionado o

sesgado para lo cual se consideraran las muestras recolectadas *insitu* de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar, representado por 9 muestras de roca que se analizaron macroscópica, y de ellas 3 microscópicamente, además de 2 muestras de arena pertenecientes a las adyacencias del río, las cuales se clasificaron de acuerdo a su textura mediante la escala de Udden-Wentworth.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

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 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Observación directa

Al respecto Arias, F. (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 pudieron observar las características litológicas y estructuras de los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria, parroquia Marhuanta, municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

4.4.1.2 Revisión documental

Según Gálvez Toro, U. (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 ésta clínica, docente, investigadora o de gestión”. Esta técnica se basó en la exploración/consulta de diferentes fuentes (tesis, documentos, libros, manuales, entre otros) la cual fue 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, C. (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 permitió la consulta de fuentes de información escrita con la finalidad de sustentar teóricamente el estudio.

4.4.1.4 Análisis petrográfico de secciones finas

Consistió en la descripción sistemática de las rocas en forma de muestras de mano y en secciones delgadas para conocer las relaciones mutuas entre cristales o granos (textura y microtexturas), composición modal, y así realizar la clasificación de las rocas y asignarle un nombre.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron en el desarrollo de la investigación propuesta fueron los siguientes:

1. GPS (Garmin MAP 76CS).
2. Brújula geológica (Brunton).
3. Martillo geológico / Lupa de Geólogo: 6. 12. 36X.
4. Mapa Topográfico del área de estudio a escala 1:100. 000.
5. Flexómetro. Clinómetro.
6. Cámara fotográfica.
7. Libreta de campo.
8. Fichas: Para la descripción de afloramientos / Para movimientos en masa.
9. Determinación de dureza: Rayador.
10. Fundas plásticas para muestreo.
11. Muestreo por método de ventanas: fluxómetro, tablero, tachuelas, Lápices de color.
12. Escalímetro.

En el trabajo de gabinete se utilizaron los siguientes elementos:

1. Computador.
2. Fotografías Aéreas.

3. Sistemas de base de datos y graficadores
4. Graficación digital: Software stereonet y Autocad.
5. Graficación tradicional: graduador, hojas de papel milimetrado A4, hojas de papel ingeniero A4.
6. Red estereográfica de Wulff.
7. Mapa geológico del estado Bolívar.

4.4.3 Técnicas de ingeniería geológica a utilizar

4.4.3.1 Diagrama de Rosas

El Diagrama de Rosas se utilizó con la finalidad de visualizar el análisis geoestadístico de las mediciones de las estructuras geológicas en cuanto al comportamiento y la orientación de las partículas.

Con los datos de azimut se utilizó el programa Stereonet para representar en el Diagrama de Roseta las diferentes estructuras, con el propósito de determinar la tendencia estructural `primara de las rocas.

4.4.3.2 Mapas geológicos de superficie

El mapa geológico es un documento bidimensional pero constituye la representación de unos objetos espaciales que tienen tres dimensiones. Resulta de expresar la intersección de los volúmenes litológicos sobre la superficie de la Tierra. Ésta última es también una superficie tridimensional, lo que va permitiéndole extraer datos

sobre la disposición espacial de las unidades geológicas debido a las variaciones topográficas.

4.4.3.3 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 las unidades estratigráficas aflorantes y las estructuras asociadas observadas en el campo.

4.4.3.4 Chequeo de campo

La ejecución de las labores de campo implicó realizar, tanto en forma previa como en forma paralela a la ejecución de las tareas de campo, las actividades de socialización pertinentes ejecutadas por profesionales especializados.

4.4.3.5 Inspección de campo

En esta etapa se recopiló y analizó toda la información necesaria sobre la zona de estudio, que permitió 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.

Recopilación e interpretación de las fotografías aéreas que cubren la zona.

En esta etapa se realizó 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 Flujograma de la investigación

Describe de forma gráfica y detallada el punto de inicio y el punto de cierre de la metodología a utilizar, es decir, las fases que se consideran necesarias en la planificación propuesta para llevar a cabo el proyecto. Luego, un diagrama de flujo es una representación gráfica que desglosa un proceso en cualquier tipo de actividad a desarrollarse tanto en empresas industriales o de servicios y en sus departamentos, secciones u áreas de su estructura organizativa. Son de gran importancia ya que ayudan a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este. En la actualidad los diagramas de flujo son considerados en la mayoría de las empresas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema (Altuve, 2013).

El desarrollo de la investigación estuvo enmarcado bajo la metodología de trabajo señalada en el flujograma de la figura 4.1, en el cual se destacan las 4: etapa I, planificación y selección del área, etapa II, trabajo de campo, etapa 3, análisis de laboratorio y, etapa IV, trabajo de oficina, que se describe detalladamente a continuación.

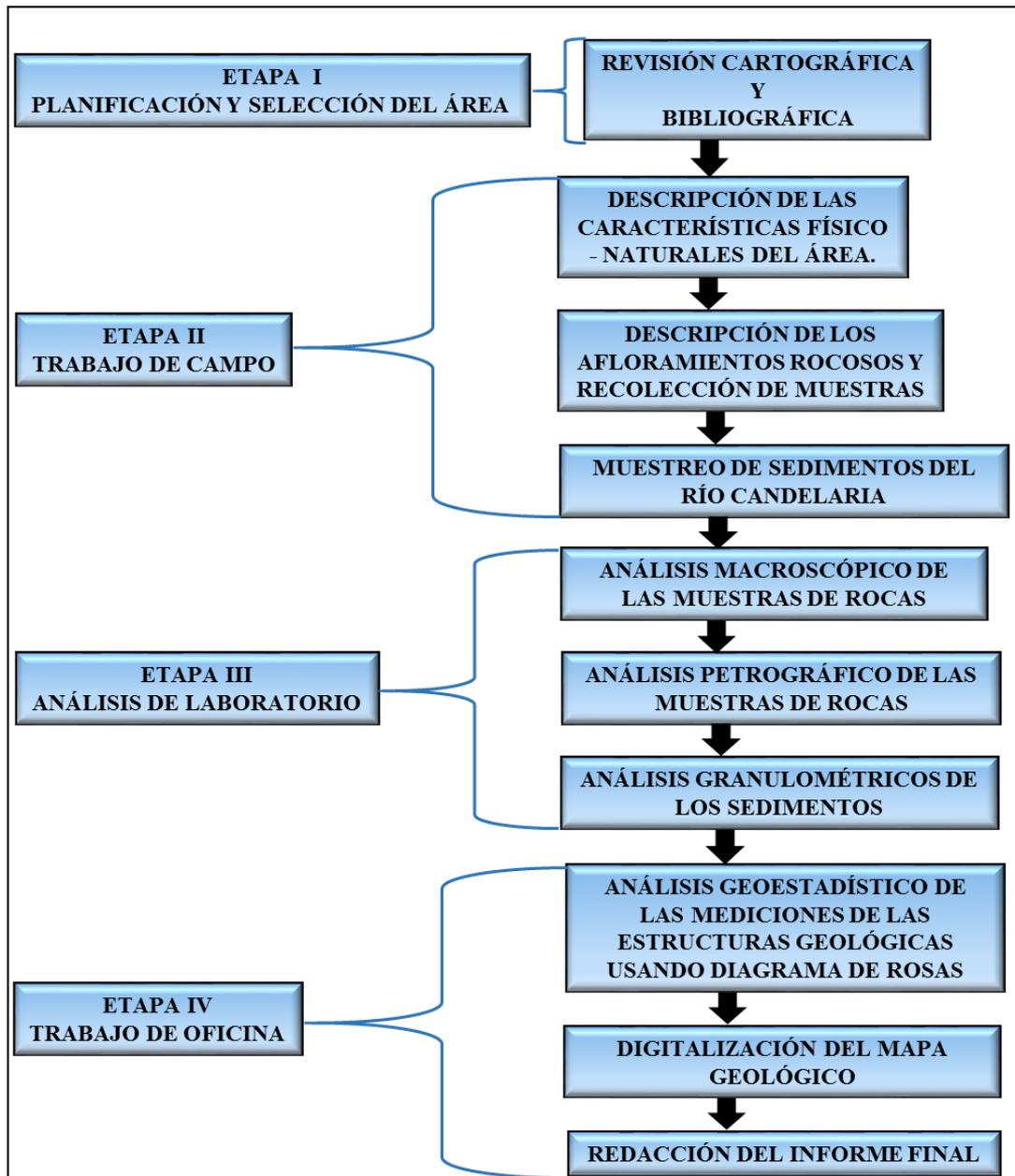


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.5.1 Etapa 1: Planificación y selección del área

Esta etapa se planificó las actividades a realizar para lograr los objetivos de la investigación, tales como reconocimiento del área, la disponibilidad de información y de la cartografía. Para la selección del área se tomaron varios aspectos, la ubicación del área, y que existieran vías de acceso, y que estuviera relativa cerca de ciudad Bolívar debido a los costos del traslado y la seguridad del área; posteriormente se realizó un reconocimiento de la zona para planificar el trabajo de campo, y ubicar las estaciones.

4.5.1.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Para este trabajo se revisó e interpretó el material cartográfico a escala 1:100.000, específicamente la Hoja Marhuanta (7540) de Cartografía Nacional del año 1966, la hoja 1:25.000, 7540-III-SO (1970) (MANACAL), y las imágenes satelitales de Google Earth.

En cuanto a la revisión bibliográfica se consultaron libros y páginas Web sobre definiciones de términos relacionados con las rocas metamórficas e ígneas, estructuras geológicas como diaclasas, foliación y clasificaciones técnicas de las rocas y sedimentos, procedimientos para usar los software y antecedentes de estudios previos.

4.5.2 Etapa 2: Trabajo de campo

Los pasos para esta actividad fueron: ubicación de las estaciones de estudio con el GPS con coordenadas U.T.M., luego la descripción de las estructuras presentes en los afloramientos rocosos, medición de los rumbos y direcciones de las estructuras geológicas asociadas a las rocas, tales como foliación, diaclasas, diques, sills y fallas.

Posteriormente se colectaron muestras de rocas, que fueron identificadas, y la toma de fotografías para ilustrar los detalles de los afloramientos y las estructuras, y del paisaje.

También se recolectaron muestras de sedimentos en la margen izquierda del río Candelaria y toma de fotografías.

4.5.3 Etapa 3: Análisis de laboratorio

Se realizaron 2 tipos de análisis a las muestras de rocas: macroscópico a 9 muestras, en el cual se describieron los porcentajes de los principales minerales observados con la lupa 10X y petrográficos a 3 secciones delgadas de las muestras, que sirvieron para clasificarlas; y a los sedimentos análisis granulométrico por tamizado. Los análisis petrográficos fueron realizados en el Instituto Geológico y Minero (INGEOMIN), sede de Ciudad Bolívar.

4.5.4 Etapa 4: Trabajo de oficina

En esta etapa se realizó el análisis geoestadísticos de los datos de las estructuras geológicas, la clasificación de los sedimentos, la digitalización del mapa geológico y la redacción del informe final.

4.5.4.1 Descripción macroscópica de muestras de rocas

Utilizando una lupa 10X se describieron 9 muestras de rocas, y se determinaron los porcentajes de los minerales, color y textura de ellas, que sirvieron para clasificarlas.

4.5.4.2 Clasificación petrográfica de las muestras de rocas

Se clasificaron 3 muestras de rocas utilizando los datos obtenidos de las secciones delgadas, como descripción macroscópica, microscópica, composición mineralógica y texturas, utilizando las clasificaciones técnicas para rocas ígneas y metamórficas.

4.5.4.3 Clasificación de los sedimentos

Se elaboraron las 2 curvas granulométricas de los sedimentos, utilizando Excel de la aplicación Office 2016, con los datos del % retenido y el diámetro de las partículas de acuerdo a la tabla del análisis granulométrico. Posteriormente usando la escala de Udden-Wentworth para clasificar los sedimentos.

4.5.4.4 Digitalización del mapa geológico

Para el mapa geológico se utilizó la información de la imagen satelital de Google Earth con la ubicación de las estaciones con las coordenadas U.T.M, la hoja cartográfica a escala 1:10000 de cartografía y los datos del levantamiento de campo; el cual fue digitalizado utilizando la aplicación de PowerPoint del Office 2016 y AutoCAD 2008. En este mapa se colocó la información de la ubicación relativa del área y la leyenda de la litología y símbolos geológicos.

4.5.4.5 Redacción del informe final

El informe final fue elaborado en Word de la aplicación Office 2016, con toda la formación de campo y los resultados de los diferentes análisis. Utilizando el formato establecido por la Escuela de Ciencias de la Tierra.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Descripción de las características físico - naturales del área mediante inspección directa en el campo

La zona de estudio se caracteriza por la presencia, hacia la parte sur, de afloramientos pertenecientes al Complejo de Imataca, que se encuentran en bloques dispersos con meteorización esferoidal y a nivel de la superficie, con sills de pegmatitas y pliegues abiertos (Figura 5.1 y 5.2).

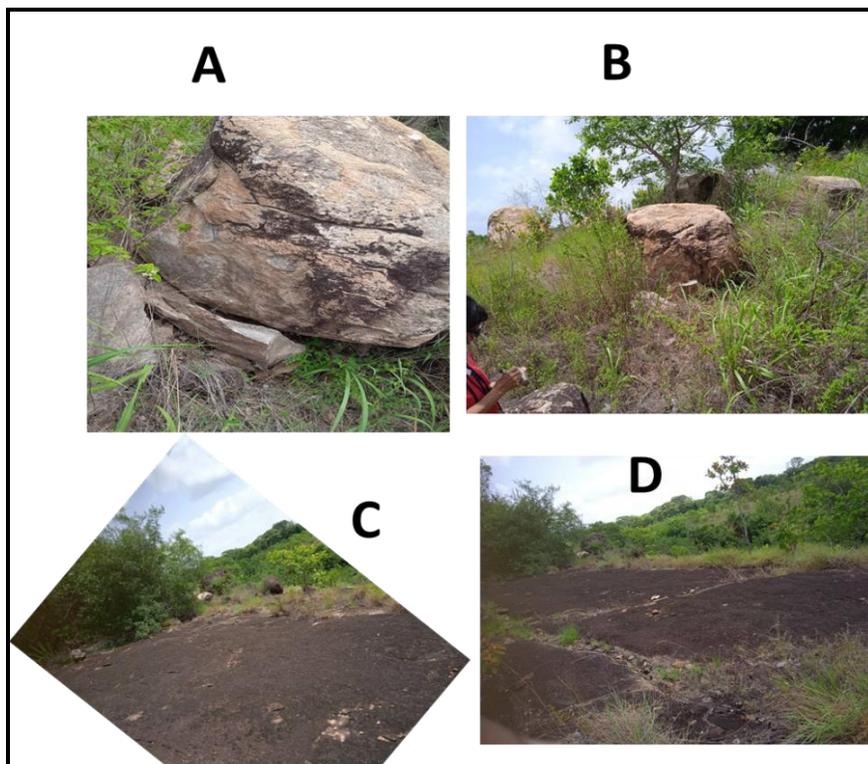


Figura 5.1 Afloramientos rocosos en bloques con meteorización esferoidal (A y B) y a nivel de superficie.

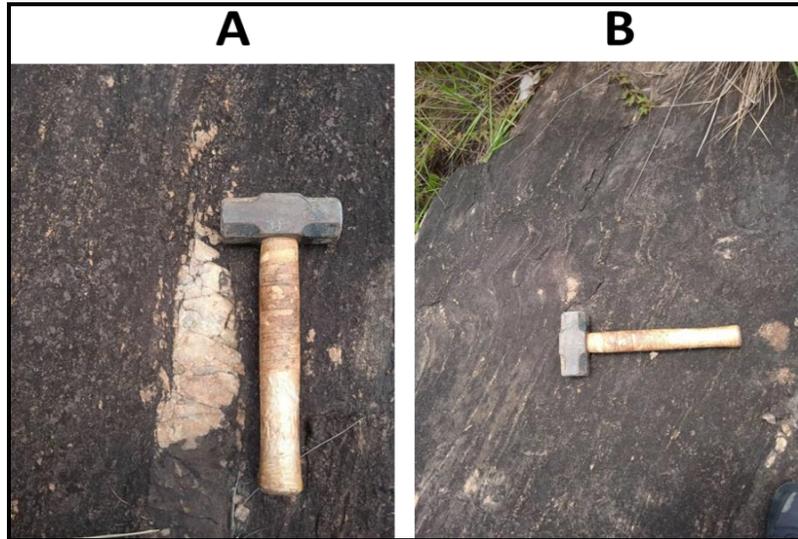


Figura 5.2 Sills de pegmatitas (A) y pliegues abiertos (B) en los afloramientos rocosos.

Los afloramientos se caracterizan por presentar diversas litologías entre las que se encuentran gneises graníticos, gneises monzograníticos y granitos (Sienogranitos), de composición cuarzo-feldespáticos-biotíticos, foliados de colores gris, blanco y rosado, con una densidad de diaclasas moderadas (Figura 5.3, 5.4 y 5.5).



Figura 5.3 Muestras de rocas.



Figura 5.4 Afloramiento de gneis foliado en el cauce del río Candelaria.

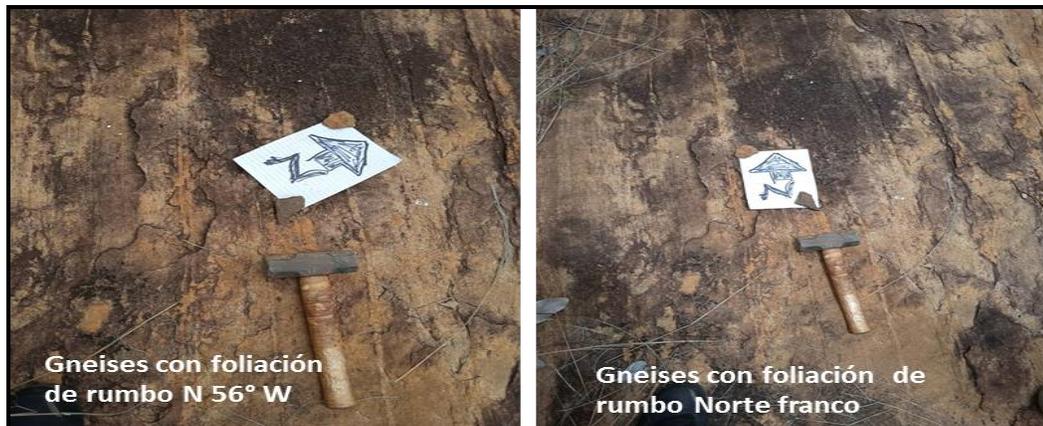


Figura 5.5 Rumbos de las foliaciones en los gneises.

Los tipos de diaclasas que se presentan en las rocas son sistemas ortogonales y conjugados (Figura 5.6).



Figura 5.6 Sistemas de diaclasas en los afloramientos del fundo Los Tatos.

Al norte-este del área se encuentra el río Candelaria, que fluye hacia el noroeste, donde se encuentran depósitos en sus márgenes de arenas gruesas a finas, de color gris claro, en contacto con afloramientos rocosos del Complejo de Imataca; con vegetación arbustiva a lo largo de las márgenes. Los afloramientos están a nivel de superficie, en su mayoría, con cotas entre 85 y 78 m.s.n.m., y están rodeados de gramíneas y de vegetación arbustiva (Figura 5.7 y 5.8).



Figura 5.7 Afloramiento del Complejo de Imataca rodeado de vegetación.



Figura 5.8 Sedimentos del río Candelaria en contacto con afloramientos rocosos.

5.2 Descripción macroscópica de las rocas aflorantes mediante inspección ocular

En la Tabla 5.1, se presentan las coordenadas de las muestras recolectadas en el área del fundo Los Tatos; y en la Tabla 5.2 la clasificación de las muestras.

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

| ESTACIÓN | MUESTRAS | COORDENADAS U.T.M - Huso 20 | |
|----------|----------|-----------------------------|--------|
| | | ESTE | NORTE |
| 1 | 1 | 457537 | 890655 |
| | 2 | | |
| 2 | 3 | 457561 | 890622 |
| | 4 | | |
| 3 | 5 | 457585 | 890658 |
| 4 | 6 | 457611 | 890658 |
| 5 | 7 | 457622 | 890643 |
| | 8 | | |
| 6 | 9 | 457620 | 890587 |

Las muestras M1 y M2 recolectadas en la estación 1, se identificaron como Gneis Monzogranítico, rocas de color blanco a gris oscuro, textura de grano fino a medio, con leve foliación. Los minerales principales son feldespatos, cuarzo, el cual se presenta con granulometría variada (cuarzo de grano medio a fino y grueso), las plagioclasas son de color gris, esta se observa muy alterada por efectos de meteorización. Se observa como mineral accesorio la biotita fina. Por otra parte, fue se identificó un sill de cuarzo de 12cm correspondiente a dicha muestras y estación.

Las muestras M3 y M4, de la estación 2, se identificaron como Granito (Sienogranito), la primera de color gris oscuro, de grano fino, con estructura fuertemente bandeada, y la segunda roca de color rosado con tonos negros y blancos, de grano fino a medio, muy meteorizada, constituidas por cuarzo, feldespato, plagioclasa y como mineral accesorio biotita.

Tabla 5.2 Clasificación macroscópica de las rocas en el sector del fondo Los Tatos.

| Estación | Muestra | Litología | Color | % Minerales | Observaciones |
|----------|---------|------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | 1 | Gneis Monzogranítico | Blanco Gris oscuro | Feldespato 35-40%, Cuarzo 30- 33%, Plagioclasas 20-25%, Biotita 5-7% | Foliado/ Grano fino a medio |
| | 2 | Gneis Monzogranito | Blanco Gris oscuro | Feldespato 30-45%, Cuarzo 30- 33%, Plagioclasas 20-25%, Biotita 5-7% | Grano fino |
| 2 | 3 | Granito (Sienogranito) | Blanco Gris claro y oscuro Rosado | Feldespato 50-55%, Cuarzo 38-42%, Plagioclasas 10-14%, Biotita 2-3% | Muy meteorizado |
| | 4 | Granito (Sienogranito) | Blanco Rosado Negro | Feldespato 50-55%, Cuarzo 38-42%, Plagioclasas 15-20%, Biotita 8-10% | Grano grueso |
| 3 | 5 | Monzogranito | Beige claro Tonos negros | Feldespato 35-40%, Cuarzo 30-35%, Plagioclasas 20-25%, Biotita 5-8% | Muy meteorizado |
| 4 | 6 | Granito (Sienogranito) | Rosado Negro Marrón claro | Feldespato 50-55%, Cuarzo 30-35%, Plagioclasas 15-20%, Biotita 8-10% | Meteorizado |
| 5 | 7 | Granito (Sienogranito) | Rosado Blanco y Negro | Feldespato 50-60%, Cuarzo 38-42%, Plagioclasas 20-25%, Biotita 5-8% | |
| | 8 | Gneis Granítico | Beige rosáceo | Feldespato 12-15%, Cuarzo 30-33%, Plagioclasas 45-47%, Biotita 5-7% | |
| 6 | 9 | Gneis Monzogranito | Blanco grisáceo | Feldespato 20-25%, Cuarzo 40-50%, Plagioclasas 15-20%, Biotita 5-8% | |

La muestra M5 perteneciente a la estación 3, es un Gneis Monzogranítico una roca de color beige claro con algunos tonos negros, de grano medio a fino,

meteorizada y fuertemente foliada por fallamiento. La roca está constituida por feldespato, plagioclasas, cuarzo. Mineral accesorio la biotita se observa muy fina.

A su vez la M6 perteneciente a la estación 4, identificada como un Sienogranito es una roca de color rosado con algunos tonos negros y marrón claro, de grano fino y constituido principalmente por feldespato y cuarzo en su mayoría, además de plagioclasas. Mineral accesorio es la biotita.

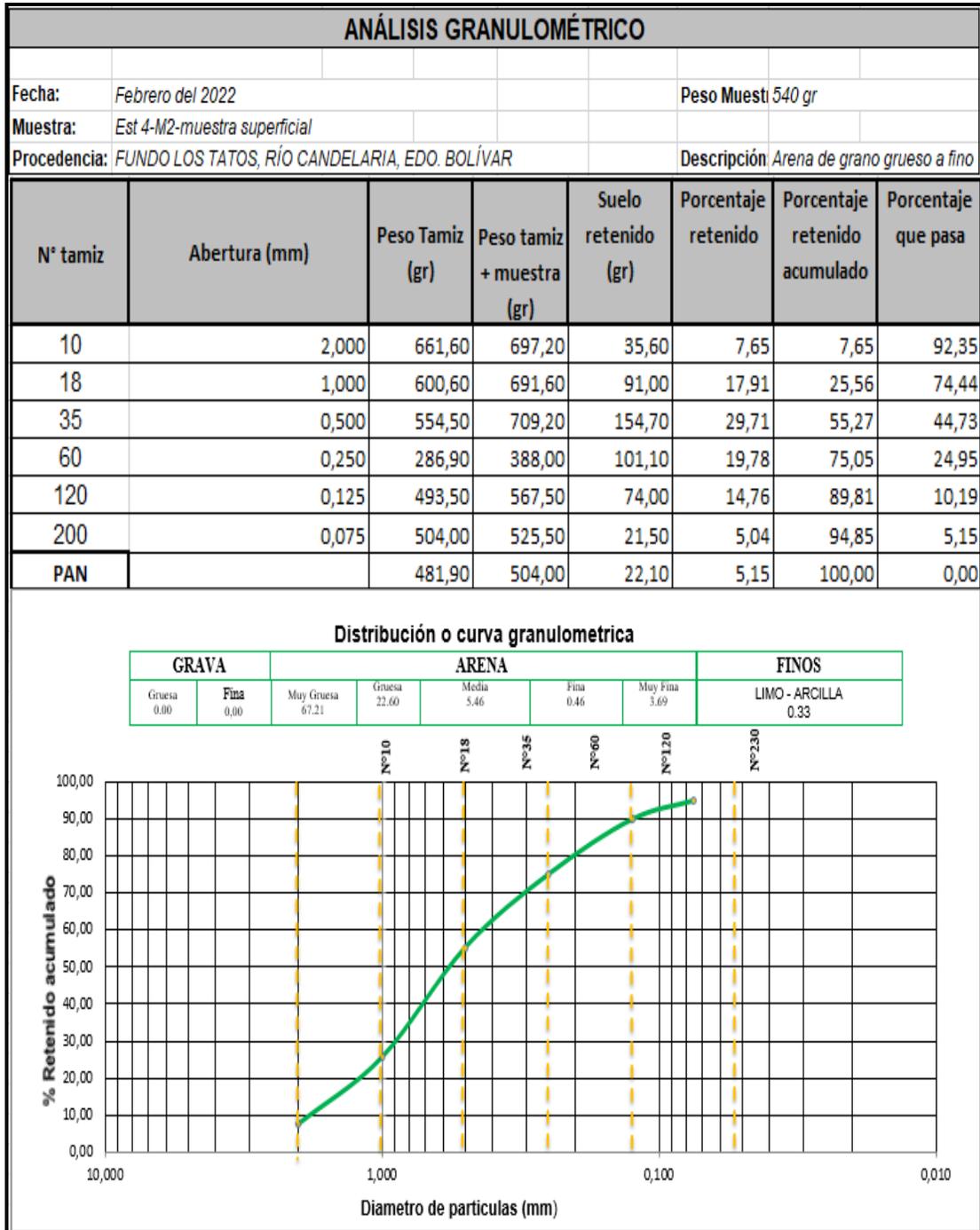
Las muestras M7 y M8 pertenecientes a la estación 5 se observó dos tipos de rocas, la muestra M7 identificada como un Sienogranito, donde su color predominante es el rosado con presencia de tonos blancos y negros, constituida principalmente por feldespato y cuarzo en su mayoría y menor porcentaje de plagioclasas y mineral accesorio la biotita. Por su parte la muestra M8 identificada como un Gneis Granítico, de color beige rosáceo y constituidos principalmente por minerales cuarzo y plagioclasas, en menor proporción tenemos feldespatos y como mineral accesorio la biotita.

Por último, la muestra denominada M9, ha sido identificada como Monzogranito, debido a que es una roca de color blanco grisáceo, de grano grueso a medio. La roca está constituida esencialmente por cuarzo, los feldespatos y plagioclasas en menor cantidad, la biotita en poca proporción.

5.3 Clasificación de los sedimentos del río Candelaria de acuerdo a la textura que presentan

Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y subangulosas (Tabla 5.3 y 5.4).

Tabla 5.4 Análisis granulométrico de la muestra de sedimento M2 de la estación 4.



5.4 Clasificación petrográfica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del fondo Los Tatos mediante el análisis microscópico

El análisis macroscópico de los afloramientos proporciona información de importancia en cuanto al aspecto, mineralogía, color y tamaño de grano de la roca, sin embargo, la característica que mejor define a una roca es su petrografía, pues viene a representar la “partida de nacimiento” que la historia geológica de la tierra ha conferido a cada material en su yacimiento. Con el propósito de obtener información más precisa se escogieron tres (03) muestras representativas de los afloramientos de mayor interés en la zona, ya que la mayoría de afloramientos presentan las rocas con un alto grado de meteorización, que posteriormente fueron sometidas a análisis petrográficos, debido a que este tipo de análisis revela una serie de características y/o propiedades, la composición de la roca, su origen, textura, destacando sus elementos primarios y secundarios que permiten lograr la clasificación petrográfica de la roca.

En el apéndice A se presentan los análisis petrográficos de las muestras E1-M2, E4-M6 y E5-M8.

Los análisis de la muestra M2 de la estación 1, demostraron que es un Gneis Monzogranítico, y está compuesto mineralógicamente con un ~35% de feldespato potásico, con granoblástica inequiangular-xenoblástica, definida por cristales de tamaño variable algunos gruesos, de bordes irregulares y lobulados, algunos son bordeados por mica biotita y minerales opacos. El cuarzo se presenta en ~33% de forma cristales xenoblásticos mayormente de contactos lobulados e irregulares, de tamaño variable algunos gruesos, monocristalinos y policristalinos, a veces están alargados y elongados, en general está recrystalizado, de extinción ondulante, deformado, fracturado y algunos rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro. En cuanto a la plagioclasa, se encuentra en menor cantidad con un ~25% aproximadamente

probable tipo oligoclasa-andesina, en cristales xenoblástico, de tamaño medio y mayormente medio, con maclas polisintéticas tipo albita y escasa periclina, se observan difusas, algunas combadas y sericitizada, mayormente fracturada y en ocasiones con inclusiones redondeadas de cuarzo. Los minerales máficos se hallan en un ~5% y están reflejados por mica biotita, en cristales tabulares, xenoblásticos, de tamaño fino, algunas en paquetes bordeando a los cristales formando finas bandas orientadas, deformadas y a veces flexuradas reemplazadas por opacos.

En cuanto a los minerales accesorios se observaron en menor proporción, alcanzando un ~2%, de minerales opacos son de tamaño fino, xenoblástico, está junto con la mica biotita; hay óxidos e hidróxidos de hierro, relleno algunas fracturas de los cristales presentes, le sigue apatito de tamaño fino, granudo, dispersos heterogéneamente en la muestra y por último hay circón granudo y de tamaño muy fino.

Por su parte, la composición mineralógica de la segunda muestra, la M6 de la estación 4, es un Granito (Sienogranito), presentando la siguiente descripción mineralógica: cuarzo ~40 de tamaño variable, anhedral, monocristalino y policristalino, en general se observa extinción ondulante, recristalizada, deformado, en contacto suturado, bordea a los cristales de feldespato y algunos como inclusión en los otros cristales. El feldespato en un ~50 tipo peritita y microclino, con una disposición en forma de cordones, algunos en venas y escaso en parches, se observan cristales anhedrales y subhedrales, de tamaño medio, con bordes corroídos, total a parcialmente caolinitizados y sericitizados, fracturados rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro, algunos con inclusiones de cuarzo y mica muscovita; la plagioclasa se encuentra en un ~10 con presencia de oligoclasa-andesina, de tamaño fino escasos medio, subhedral, bordes corroídos, algunas presentan textura antiperitítica en parches, otras se observan maclas polisintéticas difusas tipo albita y

escasa periclina, está total a parcialmente sericitizada y algunas con entrecrecimiento mirmequítico en contacto con el feldespato.

Esta muestra posee un <1 de minerales accesorios, como mica biotita, plaquitas de tamaño fino escaza en la muestra, minerales opacos, de tamaño fino a muy fino, anhedral disperso y bordeando algunos minerales félsicos; luego óxidos e hidróxidos de hierro, de tamaño muy fino y otros rellenando las fracturas; mica muscovita en láminas tamaño fino a muy fino y por último circón de tamaño muy fino y granudo.

A su vez el análisis de la muestra M8 de la estación 5, demostraron que es un Gnéis granítico, y está compuesto mineralógicamente con un ~15 de feldespato potásico, tipo microclino y mesopertítico, de tamaño fino a medio, xenoblástico, algunos cristales presentan inclusiones de biotita, apatito y cuarzo redondeado, presentan fracturas rellenas de minerales de alteración (sericita) y leve alteración (caolinita). El cuarzo se presenta en ~40% en cristales xenoblásticos de tamaño fino a medio, con extinción ondulante, con bordes lobulados, en cristales policristalinos deformados algunos con lamelas, escasamente alargados y aplanados, los monocristalinos están ondulantes.

En cuanto a la plagioclasa, se encuentra en menor cantidad con un ~45% antipertita y tipo albita, xenoblásticos, de tamaño fino a medio, maclas tipo King, combadas, están fracturadas, algunos de sus bordes con entrecrecimiento mirmequítico, en el contacto con los feldespatos, algunos cristales presentan inclusiones de cuarzo, circón y mica. Los minerales máficos se hallan en un ~5% y están reflejados por mica biotita, en tablillas o escamas de tamaño fino a medio, ligeramente orientadas, formando pequeños paquetes que bordean los cristales de mayor tamaño, se observa junto a los opacos.

En cuanto a los minerales accesorios se observaron en menor proporción, alcanzando un ~5%, de minerales opacos, de tamaño fino, granudo, y disperso heterogéneamente; también apatito xenoblástico y redondeado de tamaño muy fino, como inclusión en los minerales; granate de tamaño fino y granudo y por último circón como inclusión en los minerales félsicos.

5.5 Principales estructuras y patrones estructurales que afectan los cuerpos rocosos del Fundo Los Tatos, según datos de campo

En la tabla 5.5 se presentan los valores de los rumbos y buzamientos de las principales estructuras medidos en campo. Donde se observa que en la zona de la estación 1 se encuentra un sistema de las diaclasas casi ortogonales (D1-D2) y un sistema de diaclasas conjugadas (D3-D4); en la estación 4 se encuentra un sistema de diaclasa conjugado (D5-D6) y la diaclasa D7 es subparalela a D6; en la estación 5 se encuentra un sistema de diaclasas conjugadas (D8-D9); y en la estación 6 un sistema de diaclasas conjugado (D10-D11). Y las foliaciones tienen rumbos entre N56°W y N78°W, con un buzamiento entre 30°-32° NE.

Tabla 5.5 Datos de rumbos y buzamientos de las diaclasas, foliación y falla.

| ESTACIÓN | COORDENADAS UTM HUSO 20 | | DIACLASAS/FALLA | | | FOLIACIÓN | |
|----------|----------------------------|--------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | ESTE | NORTE | N° | RUMBO | AZIMUT | RUMBO | AZIMUT |
| 1 | 457537 | 890655 | D1 | N78°W | N 282° | N48°W | N 312° |
| | | | D2 | NORTE FRANCO | N 0° | | |
| | | | D3 | NORTE FRANCO | N 0° | | |
| | | | D4 | N52°W | N 308° | | |
| | | | FALLA | N30°E | N 30° | | |
| 2 | 457561 | 890622 | | | | N64°W, 30°NE | N 296° |
| 4 | 457611 | 890658 | D5 | ESTE FRANCO | N 90° | N78°W, 32°NE | N 282° |
| | | | D6 | N50°W | N 310° | | |
| | | | D7 | N60°W | N 300° | | |
| 5 | 457622 | 890643 | D8 | N50°W | N 310° | | |
| | | | D9 | N50°E | N 50° | | |
| 6 | 457620 | 890587 | D10 | N60°W | N 300° | N56°W | N 304° |
| | | | D11 | N32°W | N 328° | | |

5.6 Análisis geoestadístico de las mediciones de las estructuras geológicas elaborando el Diagrama de Rosas

Con los datos anteriores de azimut se utilizó el programa Stereonet, para representar en el Diagrama de Roseta las diferentes estructuras, con el propósito de determinar la tendencia estructural primaria en las rocas del Complejo Imataca en el sector del fundo Los Tatos (Figura 5.9).

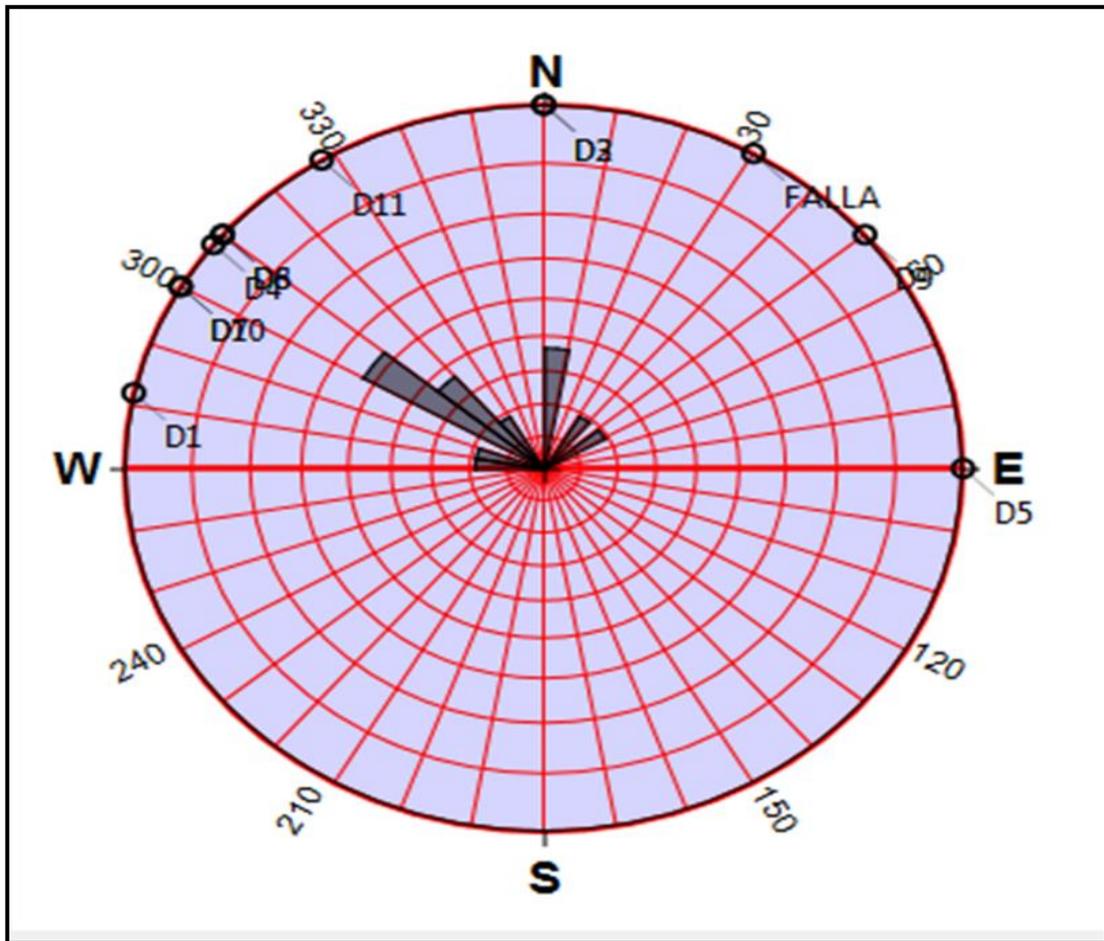


Figura 5.9 Diagrama de Roseta con la representación de las diaclasas y la falla.

Analizando el Diagrama de Roseta de la Figura 5.10, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimuth entre 280° - 310° , la cual es la predominante, y las otras con azimuth entre 320° - 330° N, 80° - 90° N, 40° - 50° N y 0° - 10° N. En general predominan las diaclasas con azimuth entre N 282° - 328° . Además, se encuentra una falla con un azimuth de 30° N.

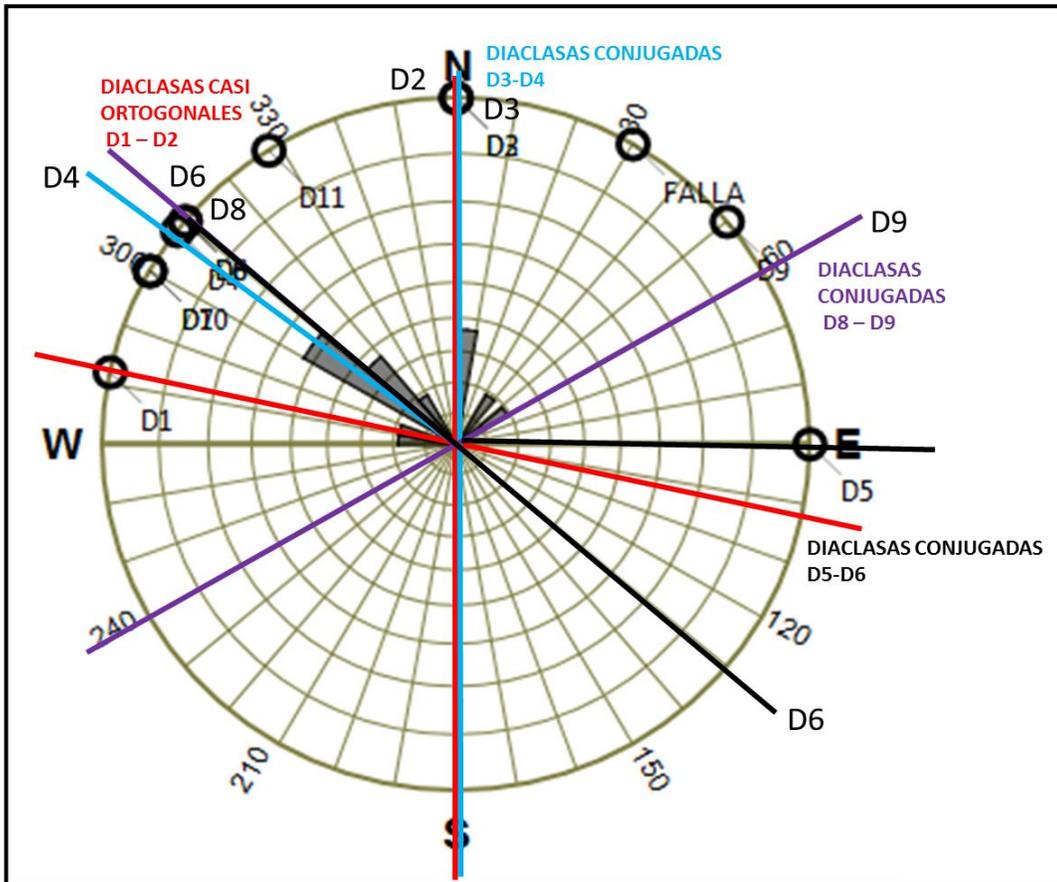


Figura 5.10 Diagrama de Rosetas con los sistemas de diaclasas.

Analizando los Diagramas de Rosetas de los diferentes sistemas de diaclasas (Figura 5.11), se determinó que los esfuerzos que los originaron tienen una dirección NE-SW y NNE-SSW.

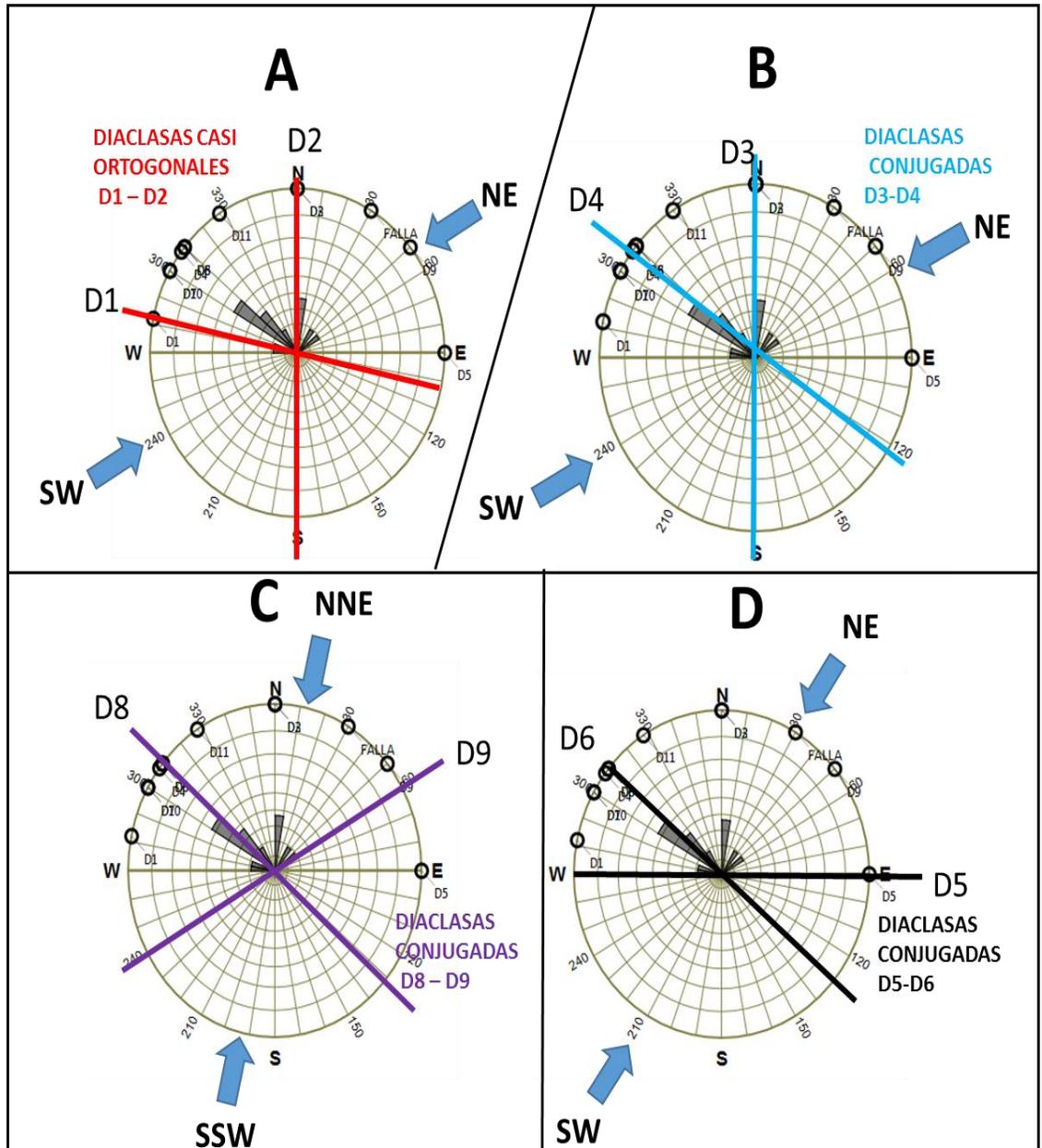


Figura 5.11 Diagramas de Rosetas con la dirección de los esfuerzos para los sistemas de diaclasas ortogonales (A) y sistemas conjugados (B, C y D).

En cuanto a las foliaciones se tiene que presentan azimut con valores entre 282° - 312° (Figura 5.12).

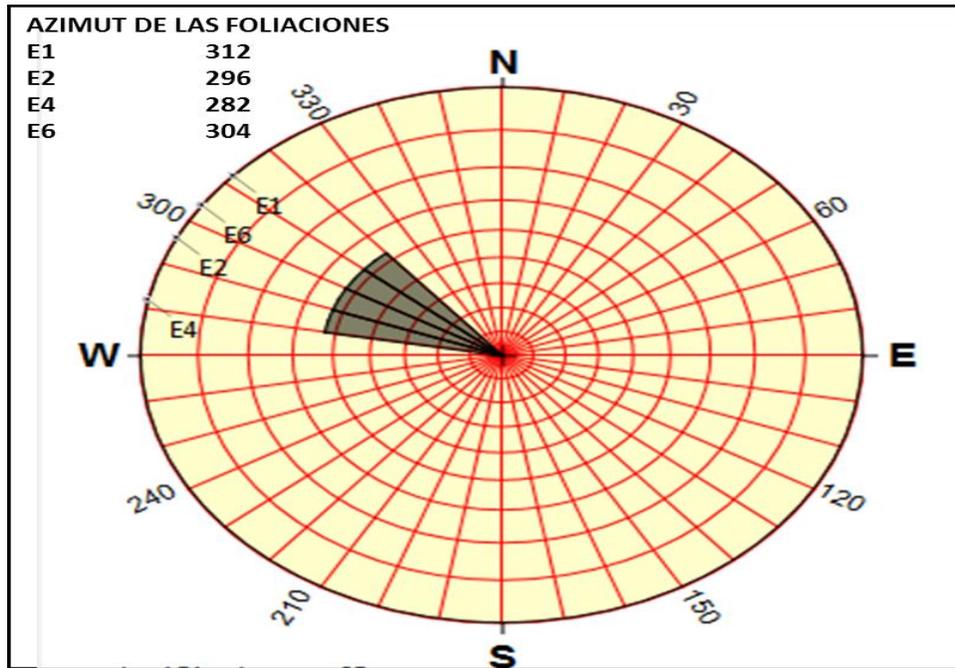


Figura 5.12 Diagrama de Roseta con las foliaciones de las rocas en el fondo Los Tatos.

5.7 Análisis del mapa geológico de superficie

En la Figura 5.13 se presenta el mapa geológico, donde están representadas las 3 unidades que se encuentran en el área del fondo Los Tatos: que son Sedimentos del Recientes que bordean al cauce del río Candelaria y cubren menos del 1% del área, conformados por arenas gruesas a finas marrón claro, los suelos residuales, producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca que abarcan un poco más del 35% del área, caracterizados por arenas finas limo arcillosas grises, y las rocas del Complejo de Imataca conformado por gneises graníticos, gneises monzogranitos y granitos (Sienogranitos) de colores grises claro y oscuro y rosados, que abarca más del 60% del área.

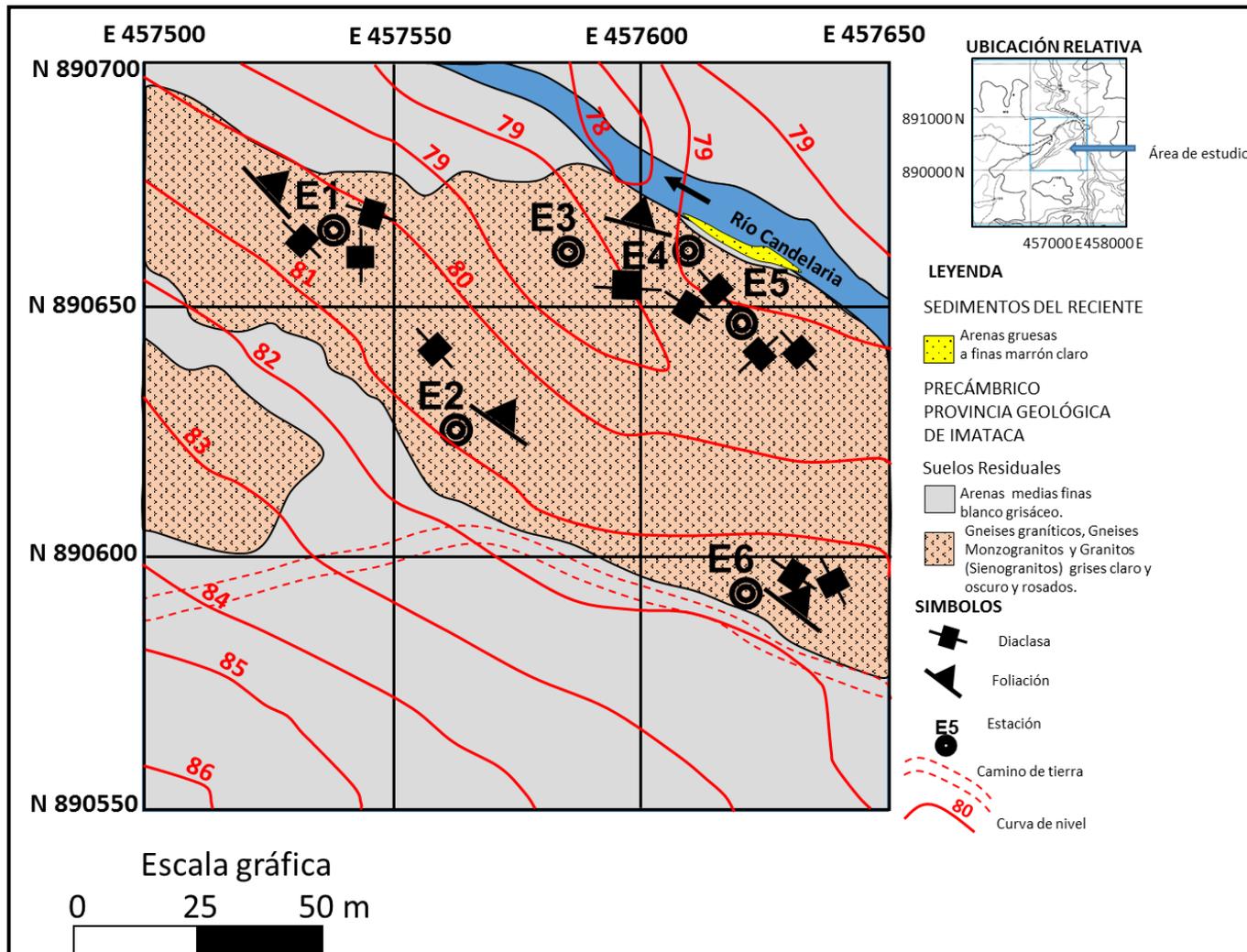


Figura 5.13 Mapa geológico del fundo Los Tatos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1.- Las características físico - naturales del área mediante inspección directa en el campo encuentran en bloques dispersos con meteorización esferoidal y a nivel de la superficie, con sills de pegmatitas y pliegues abiertos, donde los afloramientos se caracterizan por presentar diversas litologías entre las que se encuentran gneises graníticos, monzogranitos y sienogranitos, de composición cuarzo-feldespatos-biotíticos, foliados de colores gris, blanco y rosado, con una densidad de diaclasas moderadas.

2.- Las rocas de los afloramientos se identificaron 4 muestras como gneis monzograníticos, 4 granitos (Sienogranitos) y 1 gneis granítico, de color blanco a gris oscuro, rosado y negros, la textura es de grano fino a medio, con leve foliación. Los minerales principales son feldespatos, cuarzo y plagioclasas.

3.- Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y subangulosas.

4.- El análisis petrográfico de la muestra M2 de la estación 1, demostraron que es un Gneis Monzogranítico, y está compuesto con un ~35% de feldespato potásico, con granoblástica inequigranular-xenoblástica, con cristales de tamaño variable algunos gruesos, de bordes irregulares y lobulados, algunos son bordeados por mica biotita y minerales opacos. El cuarzo se presenta en ~33% de forma cristales xenoblásticos mayormente de contactos lobulados e irregulares, de tamaño variable algunos gruesos, monocristalinos y policristalinos, a veces están alargados y elongados, en general está recristalizado, de extinción ondulante, deformado, fracturado y algunos rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro. En cuanto a la plagioclasa, se encuentra en menor cantidad con un ~25% aproximadamente probable

tipo oligoclasa-andesina, en cristales xenoblástico, de tamaño medio y mayormente medio, con maclas polisintéticas tipo albita y escasa periclina, se observan difusas, algunas combadas y sericitizada, mayormente fracturada y en ocasiones con inclusiones redondeadas de cuarzo. Los minerales máficos se hallan en un ~5% y están reflejados por mica biotita, en cristales tabulares, xenoblásticos, de tamaño fino, algunas en paquetes bordeando a los cristales formando finas bandas orientadas, deformadas y a veces flexuradas reemplazadas por opacos.

5.- El análisis petrográfico de la muestra M6 de la estación 4, es un Granito (Sienogranito), con cuarzo ~40 de tamaño variable, anhedral, monocristalino y policristalino, en general se observa extinción ondulante, recrystalizada, deformado, en contacto suturado, bordea a los cristales de feldespato y algunos como inclusión en los otros cristales. El feldespato en un ~50 tipo peritita y microclino, con una disposición en forma de cordones, algunos en venas y escaso en parches, se observan cristales anhedrales y subhedrales, de tamaño medio, con bordes corroídos, total a parcialmente caolinitizados y sericitizados, fracturados rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro, algunos con inclusiones de cuarzo y mica muscovita; la plagioclasa se encuentra en un ~10 con presencia de oligoclasa-andesina, de tamaño fino escasos medio, subhedral, bordes corroídos, algunas presentan textura antiperitítica en parches, otras se observan maclas polisintéticas difusas tipo albita y escasa periclina, está total a parcialmente sericitizada y algunas con entrecrecimiento mirmequítico en contacto con el feldespato.

6.- El análisis petrográfico de la muestra M8 de la estación 5, demostro que es un Gnéis granítico, y está compuesto con un ~15 de feldespato potásico, tipo microclino y mesoperitico, de tamaño fino a medio, xenoblástico, algunos cristales presentan inclusiones de biotita, apatito y cuarzo redondeado, presentan fracturas rellenas de minerales de alteración (sericita) y leve alteración (caolinita). El cuarzo se presenta en ~40% en cristales xenoblásticos de tamaño fino a medio, con extinción ondulante, con bordes lobulados, en cristales policristalinos deformados algunos con

lamelas, escasamente alargados y aplanados, los monocristalinos están ondulantes; la plagioclasa, se encuentra en menor cantidad con un ~45% antiperita y tipo albita, xenoblásticos, de tamaño fino a medio, maclas tipo King, combadas, están fracturadas, algunos de sus bordes con entrecrecimiento mirmequítico, en el contacto con los feldespatos, algunos cristales presentan inclusiones de cuarzo, circón y mica. Los minerales máficos se hallan en un ~5% y están reflejados por mica biotita, en tablillas o escamas de tamaño fino a medio, ligeramente orientadas, formando pequeños paquetes que bordean los cristales de mayor tamaño, se observa junto a los opacos.

7.- En la zona de la estación 1 se encuentra un sistema de las diaclasas casi ortogonales (D1-D2) y un sistema de diaclasas conjugadas (D3-D4); en la estación 4 se encuentra un sistema de diaclasa conjugado (D5-D6) y la diaclasa D7 es subparalela a D6; en la estación 5 se encuentra un sistema de diaclasas conjugadas (D8-D9); y en la estación 6 un sistema de diaclasas conjugado (D10-D11). Y las foliaciones tienen rumbos entre N56°W y N78°W, con un buzamiento entre 30°-32° NE

8.- Analizando el Diagrama de Roseta, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimut entre 280°-310°, la cual es la predominante, y las otras con azimut entre 320°-330° N, 80°-90° N, 40°-50° N y 0°-10° N. En general predominan las diaclasas con azimut entre N 282° - 328°. Además, se encuentra una falla con un azimut de 30°N.

9.- Analizando los Diagramas de Roseta de los diferentes sistemas de diaclasa, se determinó que los esfuerzos que los originaron tienen una dirección NE-SW y NNE-SSW.

10.- En el mapa geológico, están representadas las 3 unidades que se encuentran en el área del fundo Los Tatos: que son Sedimentos del Recientes que bordean al

cauce del río Candelaria y cubren menos del 1% del área, conformados por arenas gruesas a finas marrón claro, los suelos residuales, producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca que abarcan un poco más del 35% del área, caracterizados por arenas finas limo arcillosas grises, y las rocas del Complejo de Imataca conformado por gneises graníticos, Monzogranitos y Sienogranitos de colores grises claro y oscuro y rosados.

Recomendaciones

- Realizar trabajos de investigación del Sector, para estudiar los numerosos afloramientos circundantes.
- Poner en ejecución un laboratorio especializado, en convenio con Universidades, Entidades Gubernamentales, Institutos y otros, dotados con equipo tecnológico de punta, en estudios físico - mecánico y químico, para evaluar y determinar el potencial económico existente en cada una de las provincias geológicas del estado Bolívar, las cuales son poseedores de diversidad en riquezas mineras.
- Continuar los estudios petrográficos con vista al completamiento de la base de datos que permita la elaboración de la carta geológica a escala 1:100 000 del estado Bolívar.
- Considerar los resultados del estudio litológico y estructural los afloramientos rocosos ubicados en el fundo Los Tatos, sector Prados del Este, al suroeste del río Candelaria a la hora de realizar cualquier tipo de diseño o actividad minera.
- Realizar un mayor número de muestreos aguas debajo de la cuenca.
- Realizar estudios geoquímicos al río Candelaria.

REFERENCIAS

Arias, F. (2012) El **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: GUÍA PARA SU ELABORACIÓN**. 6ta Ed. Editorial Espíteme: Venezuela.

Altuve, H. (2013) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN** (3ra. cd.). México, D.F. Mc Graw Hill.

Balestrini Acuña, M. (2010). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACION**. BL Consultores. Servicio editorial. Caracas. República Bolivariana de Venezuela. P.56.

Bard, P.J. (1985) **PETROLOGÍA ÍGNEA**. Facultad de Ingeniería UNAM.

Betancourt, O. (1998) **FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE ROCAS**. Editorial Litoprint. Madrid. 577 p.

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

Cornelius, K. y Cornelius, H. (2002) **MANUAL DE MINERALOGÍA**. Basado en la obra de J.D. Dana. Cuarta Edición. Tomo I y II. Barcelona. Editorial Reverté.

Domingo Sánchez, R. (2000). **CURSO DE DRENAJE Y CANALIZACIÓN**. Editorial Bilbilis, Palma, España.

Departamento de Geología de la Universidad de Oriente (2.001) **GUÍA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**, inédito, Ciudad Bolívar.

Elizalde, G., y Rosales, A. (2007) **GEOGRAFÍA DE SUELOS DE VENEZUELA**. En Geo Venezuela 2: Medio físico y recursos ambientales Caracas, Venezuela: Fundación Empresas Polar. Pp. 402-537.

Franzone, E. y Medina, R. (2007) **FACTORES GEOLÓGICOS ASOCIADOS A LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MACIZOS ROCOSOS**. Ecoe ediciones Segunda edición Bogotá DC. PP. 56-78

Gálvez Toro, U. (2002) **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: USOS Y UTILIDADES**. Editorial Limusa S. A. México.

González de Juana, P. y otros, (1980) **FORMACIÓN MESA**. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 124-198.

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

Mac Lachlan, J. y Hess, D. (2016) **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE SUR, ESTADO ARAGUA, VENEZUELA**. Bol. Geol., Caracas, Public. esp.

Mac Lachlan, J. y Hess, D. (2016) **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DEL ESTADO BOLÍVAR**. Boletín de geología volumen VII. Caracas, Pp. 19-28.

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

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

Mottana, A.; Crespi, R. y Liborio G. (1998) **GUIA DE MINERALES Y ROCAS**. Ediciones Grijalbo. Barcelona, Pp.352-605

Mendoza B Haydee Carolina (2004), en el “**INFORME GEOLOGICO HOJA MARHUANTA (N° 7540) ESCALA 1:100.000**”

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias de la Tierra. Pp. 44

Martínez, R. (2003) **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y DINÁMICA GLOBAL**. Departamento de Geología Universidad de Salamanca. Pp.377.

Menéndez, D. (1968) **GEOLOGÍA GENERAL**. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela. P.89.

Ochoa, G. (1983) **FORMACIÓN GEOLÓGICA DEL MACIZO GUAYANÉS**. Terram Publicaciones, Santiago. Pp.67-129

Pdfcoffee.com (2022). **DIAGRAMA DE ROSETA**. Consulta 06-06-2022. Disponible en <https://pdfcoffee.com/diagrama-de-roseta-4-pdf-free.html#Oscar9529>

Pedraza, J. (2007) **GEOMORFOLOGÍA: PRINCIPIOS, MÉTODOS Y APLICACIONES**. Madrid, España: Rueda.

Padilla, C. y Sánchez J. (2013) **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**. Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México AC.

Ramsay, J. (1987) **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ROCAS**. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, LJC, Caracas. Trabajo de ascenso. P. 37.

Sabino, C. (2013) **EL PROCESO DE INVESTIGACION**. Editorial Panapo. Caracas.

Sánchez, C. (2004) **COMO ELABORAR Y ASESORAR UNA INVESTIGACIÓN DE TESIS**. México Pearson. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

Universidad Complutense de Madrid (2014) **ATLAS DE ROCAS ÍGNEAS**. Departamento de Petrología y Geoquímica. Madrid. Disponible en <https://petroignea.wordpress.com/tiposrocosos/afloresamientos-en-rocas-plutonicas/granito/>

APÉNDICES

APÉNDICE A

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO EN
LABORATORIO**

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

FORMATO: PRAC-MIC-002-1

Total Págs.: 06

Solicitud de servicio: SS-007-2022

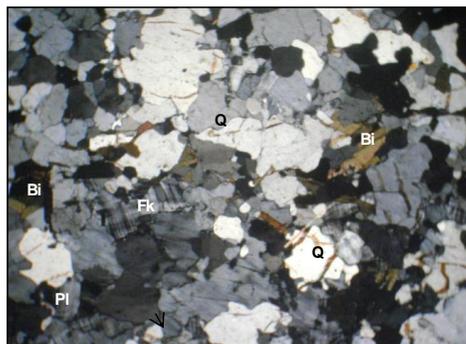
Muestra: M-2

Fecha: 24-05-2022

Colector o solicitante: Lorenzo N. Ramírez M.

Analista: Geól. Niya Murillo

Localidad o procedencia: Fundo los Tatos, Sector Los Prados, al Suroeste del río Candelaria, Estado Bolívar



Muestra M-2 (NX) 10X/4X: se observa textura granoblástica inequigranular, formada por cristales xenoblásticos de cuarzo (Q), feldespato potásico (Fk), plagioclasa (Pl) y algunos bordeados por mica biotita (Bi).

Descripción macroscópica de la muestra de mano: a simple vista es una roca dura, alterada, homogénea, de tamaño de grano fino y algunos gruesos de aproximadamente 1,5 cm, en general la muestra es de color crema con tonos rosa y se observó finas bandas paralelas y orientadas de color negro probablemente por la presencia de minerales máficos.

Descripción microscópica de la sección delgada:

Textura: bajo el microscopio se observa una textura granoblástica inequigranular-xenoblástica, definida por cristales de tamaño variable algunos gruesos, de bordes irregulares y lobulados, algunos son bordeados por mica biotita y minerales opacos.

Estructura: Masiva-Orientada.

Minerales en orden de abundancia decreciente:

| Principales | (%) | Accesorios | (%) | Alteración |
|-------------|-----|--|-----|--------------------|
| Feldespato | ~35 | Opacos, apatito, óxidos e hidróxidos de hierro y circón. | ~2 | Sericita y caolín. |
| Cuarzo | ~33 | | | |
| Plagioclasa | ~25 | | | |
| Biotita | ~5 | | | |

Clasificación o tipo de roca: Gneis Monzogranítico

Origen: Metamórfico

Descripción composicional:

Feldespato potásico: tipo pertítico, microclino y microclino pertítico, en cristales xenoblásticos de tamaño variable, de bordes irregulares y en contacto lobulado, caolinitizado y fracturado, algunos son bordeados por entrecimiento gráfico.

Continuación. Apéndice A

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

FORMATO: PRAC-MIC-002-1

Total Págs. : 06

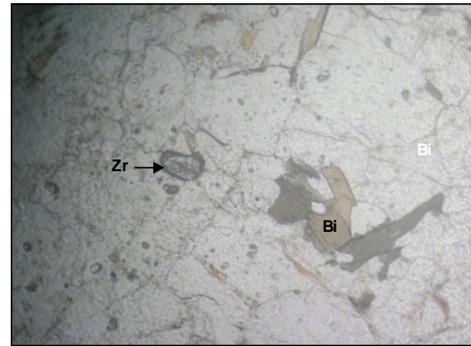
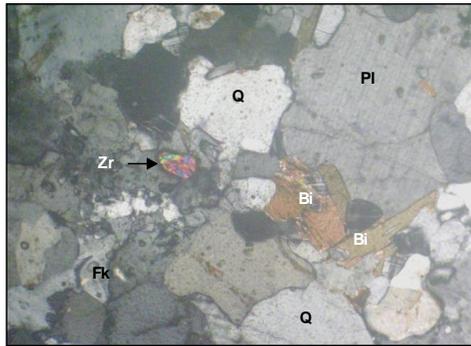
Cuarzo: se presenta en cristales xenoblásticos mayormente de contactos lobulados e irregulares, de tamaño variable algunos gruesos, monocristalinos y policristalinos, a veces están alargados y elongados, en general está recrystalizado, de extinción ondulante, deformado, fracturado y algunos rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro.

Plagioclasa: probable tipo oligoclasa-andesina, en cristales xenoblástico, de tamaño medio y mayormente medio, con maclas polisintéticas tipo albita y escasa periclina, se observan difusas, algunas combadas y sericitizada, mayormente fracturada y en ocasiones con inclusiones redondeadas de cuarzo.

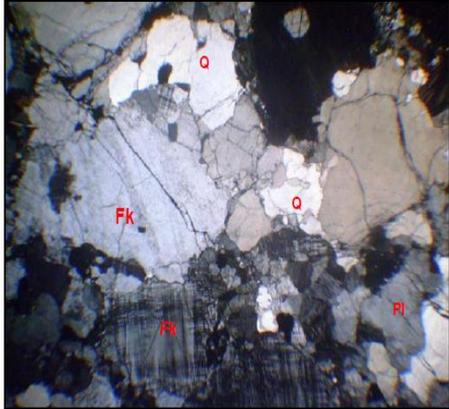
Biotita: se observa en cristales tabulares, xenoblásticos, de tamaño fino, algunas en paquetes bordeando a los cristales formando finas bandas orientadas, deformadas y a veces flexuradas.

Accesorios: se observan minerales opacos son de tamaño fino, xenoblástico, está junto con la mica biotita; hay óxidos e hidróxidos de hierro, relleno algunas fracturas de los cristales presentes, le sigue apatito de tamaño fino, granudo, dispersos heterogéneamente en la muestra y por último hay circón granudo y de tamaño muy fino.

Fotomicrografía muestra M-2: Gneis Monzogranítico



Continuación. Apéndice A

| ANÁLISIS PETROGRÁFICO | | | | |
|--|------------|--|------------|-----------------------|
| FORMATO: PRAC-MIC-002-1 | | Total Págs. : 06 | | |
| <p>Solicitud de servicio: SS-007-2022 Muestra: M-6 Fecha: 24-05-2022 Colector o solicitante: Lorenzo Ramírez y María Brito. Analista: Ing. Cherlis Moreno. Localidad o procedencia: Fundo Los Tatos, Sector Los Prados, al Suroeste del Rio Candelaria.</p> | |  | | |
| | | <p>Muestra M-6 (NX) 10X/2X: Se observan cristales de feldespato (FK), alterados, cuarzo (Q), policristalino y recristalizado, plagioclasa (PI), con maclas difusas.</p> | | |
| <p>Descripción macroscópica de la muestra de mano: En muestra de mano es una roca dura, homogénea, de grano fino escasos medios, de color rosa claro con tonos negros probablemente por la presencia de minerales opacos y además la muestra está cubierta por una pátina de color marrón.</p> | | | | |
| <p>Descripción microscópica de la sección delgada:</p> | | | | |
| <p>Textura: al microscopio se observa una textura inequigranular-alotriomórfica, definida por cristales de tamaño fino a medio escasos gruesos, anhedrales a subhedrales, deformados, contactos lobulados, se observa fracturada y total a parcialmente alterada.</p> | | | | |
| <p>Estructura: Masiva.</p> | | | | |
| <p>Minerales en orden de abundancia decreciente:</p> | | | | |
| Principales | (%) | Accesorios | (%) | Alteración |
| Feldespato | ~50 | Biotita, minerales opacos, óxidos e hidróxidos de hierro, mica muscovita y circón. | <1 | Sericita y caolinita. |
| Cuarzo | ~40 | | | |
| Plagioclasa | ~10 | | | |
| <p>Clasificación o tipo de roca: Granito (Sienogranito)</p> | | | | |
| <p>Origen: Ígneo-Plutónico.</p> | | | | |
| <p>Descripción composicional:</p> | | | | |
| <p>Feldespato Potásico: tipo pertita y microclino, con una disposición en forma de cordones, algunos en venas y escaso en parches, se observan cristales anhedrales y subhedrales, de tamaño medio, con bordes corroídos, total a parcialmente caolinitizados y sericitizados, fracturados rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro, algunos con inclusiones de cuarzo y mica muscovita.</p> | | | | |

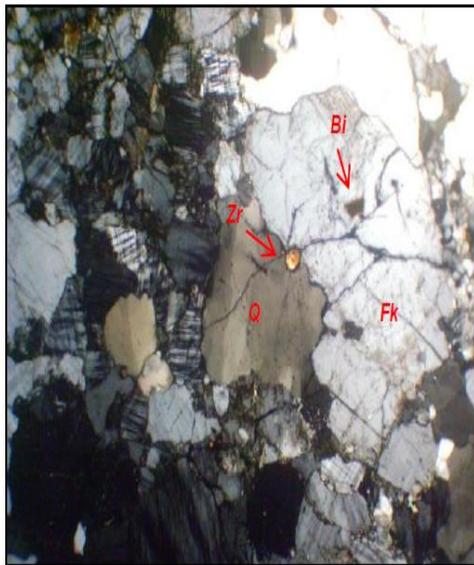
Continuación. Apéndice A

Cuarzo: de tamaño variable, anhedral, monocristalino y policristalino, en general se observa extinción ondulante, recristalizada, deformado, en contacto suturado, bordea a los cristales de feldespato y algunos como inclusión en los otros cristales.

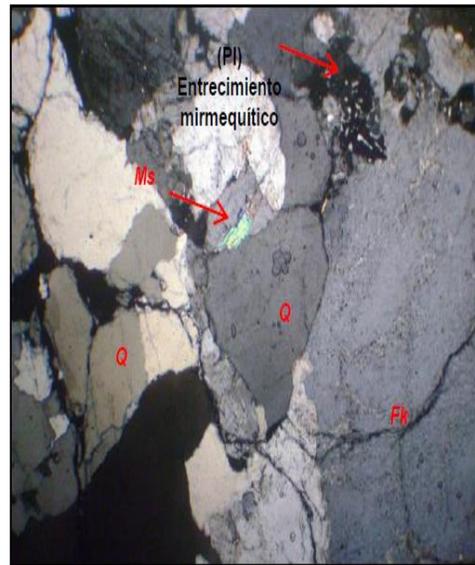
Plagioclasa: probable oligoclasa-andesina, de tamaño fino escasos medio, subhedral, bordes corroídos, algunas presentan textura antipertítica en parches, otras se observan maclas polisintéticas difusas tipo albita y escasa periclina, está total a parcialmente sericitizada y algunas con entrecrecimiento mirmequítico en contacto con el feldespato.

Accesorios: mica biotita, plaquitas de tamaño fino escasa en la muestra, minerales opacos, de tamaño fino a muy fino, anhedral disperso y bordeando algunos minerales félsicos; luego óxidos e hidróxidos de hierro, de tamaño muy fino y otros relleno de las fracturas; mica muscovita en láminas tamaño fino a muy fino y por último circón de tamaño muy fino y granudo.

Fotomicrografía muestra M-6: Granito (Sienogranito)



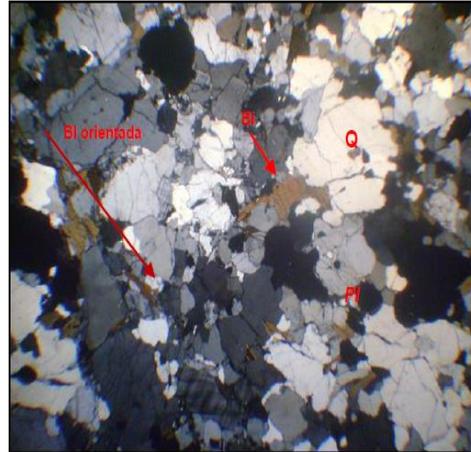
Muestra M-6 (NX) 10X/4X: Se observa la alteración del feldespato (Fk) sericita y caolinita, además cristales de mica biotita (Bi) y circón (Zr) que está incluido entre el feldespato (Fk) y cuarzo (Q).



Muestra M-6 (NX) 10X/4X: Se observan cristales de feldespato (Fk), en contacto con entrecrecimiento mirmequítico (PI) plagioclasa; cuarzo (Q) y mica muscovita (Ms) en lámina corta y delgada.

Continuación Apéndice A

Solicitud de servicio: SS-007-2022
Muestra: M-8
Fecha: 24-05-2022
Colector o solicitante: Lorenzo Ramírez y María Brito.
Analista: Ing. Cherlis Moreno.
Localidad o procedencia: Fundo Los Tatos, Sector Los Prados, al Suroeste del Río Candelaria.



Muestra M-8 (NX) 10X/2X: Se observa textura xenoblástica granular con leve orientación de los máficos presentes. Se observan cristales de cuarzo (Q), plagioclasa (Pl), xenoblásticos (anhedral) y mica Biotita (Bi), orientada.

Descripción macroscópica de la muestra de mano: En muestra de mano es una roca dura, homogénea, fresca, de grano fino, en general es de color beige rosáceo claro con tonos negros probablemente por la presencia de minerales opacos levemente orientada y además la muestra está cubierta por una pátina de color marrón.

Descripción microscópica de la sección delgada:

Textura: se observa textura xenoblástica granular con orientación de los máficos presentes, los cristales son xenoblásticos y de tamaños equitativos.

Estructura: Masiva-orientada.

Minerales en orden de abundancia decreciente:

| Principales | (%) | Accesorios | (%) | Alteración |
|-------------|-----|--|-----|-----------------------|
| Plagioclasa | ~45 | Minerales opacos, apatito, granate y circón. | ~5 | Sericita y caolinita. |
| Cuarzo | ~30 | | | |
| Feldespato | ~15 | | | |
| Biotita | ~5 | | | |

Clasificación o tipo de roca: Gnéis granítico.

Origen: Metamórfico.

Descripción composicional:

Plagioclasa: antipertita y tipo albita, xenoblásticos, de tamaño fino a medio, maclas tipo King, combadas, están fracturadas, algunos de sus bordes con entrecrecimiento mirmequítico, en el contacto con los feldespatos, algunos cristales presentan inclusiones de cuarzo, circón y mica.

Cuarzo: se presenta en cristales xenoblásticos de tamaño fino a medio, con extinción ondulante, con bordes lobulados, en cristales policristalinos deformados algunos con lamelas, escasamente alargados y aplanados, los monocristalinos están ondulantes.

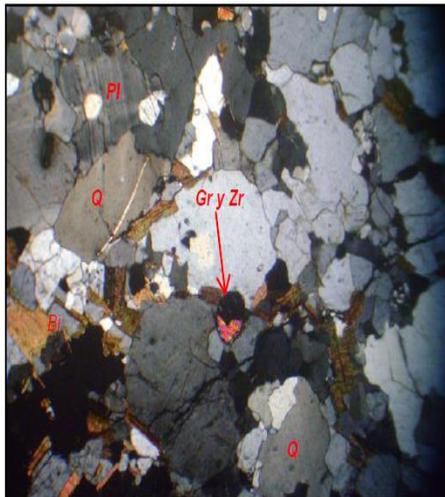
Continuación Apéndice A

Feldespatos: potásico tipo microclino y mesopertítico, de tamaño fino a medio, xenoblástico, algunos cristales presentan inclusiones de biotita, apatito y cuarzo redondeado, presentan fracturas rellenas de minerales de alteración (sericita) y leve alteración (caolinita).

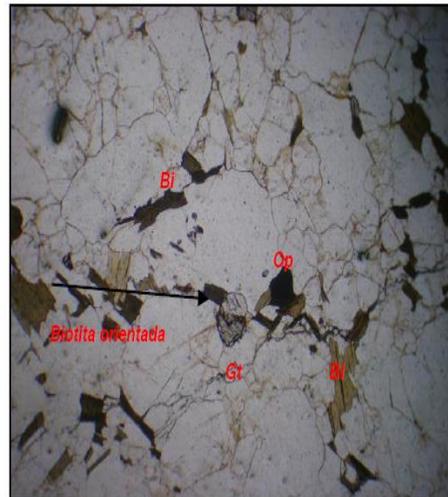
Mica Biotita: en tablillas o escamas de tamaño fino a medio, ligeramente orientadas, formando pequeños paquetes que bordean los cristales de mayor tamaño, se observa junto a los opacos.

Accesorios: entre los accesorios se observaron minerales opacos, de tamaño fino, granudo, y disperso heterogéneamente; también apatito xenoblástico y redondeado de tamaño muy fino, como inclusión en los minerales; granate de tamaño fino y granudo y por último circón como inclusión en los minerales félsicos.

Fotomicrografía muestra M-8: Gnéis granítico.



Muestra M-8 (NX) 10X/4X: Se observa plagioclasa (Pl), xenoblásticos, el cuarzo (Q) está recristalizado, hay granate (Gr) con bordes de circón (Zr); finalmente mica biotita (Bi) en tablillas delgadas y orientadas.



Muestra M-8 (NX) 10X/4X: Se observa mica Biotita (Bi), en cristales tabulares de tamaño fino, orientados bordeando los cristales; minerales opacos (Op) con bordes de biotita; también granate (Gr), granudo.

MSc. Niya Murillo
Analista

Ing. Cherlis Moreno
Analista

MSc. Rosaurimar Brito
Responsable de Área

MSc. Yuraidy Bravo
Gte. de Regiones
Coordinador Regional (E)

APÉNDICE B
MINUTA DE CAMPO

Tabla B.1 Minuta de campo.

| Pto. De Inicio: | E | N | Coord. Carretera Principal desvío | E | N | USO 20 |
|---|------------------|-------------------|--|--------|--------|--------|
| | 457489 | 890741 | | 456850 | 893392 | |
| <i>Fecha: 12/Junio/ 2021.</i> | | | | | | |
| MINUTA DE CAMPO | | | | | | |
| ESTACIÓN | COORDENADAS ESTE | COORDENADAS NORTE | OBSERVACIONES | | | |
| 1 | 457489 | 890741 | COORD. TOMADAS AL NORTE DEL AFLORAMIENTO | | | |
| | | | FOLIACIÓN. RUMBO: N48°W | | | |
| | | | SILLS DE CUARZO: 12 CM aprox. | | | |
| | | | DIACLASA 1. RUMBO: N78°W | | | |
| | | | DIACLASA 2 y 3. RUMBO: NS. (Falla con plegamiento, diaclasas conjugadas) | | | |
| | | | DIACLASA 4. RUMBO: N52°W | | | |
| | | | FALLA. RUMBO: N30°E | | | |
| Muestras 1 Y 2. | | | | | | |
| 2 | 457533 | 890706 | FOLIACIÓN. RUMBO: N64°W | | | |
| | | | FOLIACIÓN. BUZ: 30°NE | | | |
| | | | Muestras 3 Y 4. | | | |
| 3 | 457755 | 890746 | PRESENCIA DE PLEGAMIENTO ABIERTO-SUAVE | | | |
| | | | Muestra 5. | | | |
| 4 | 457603 | 890736 | FOLIACIÓN. RUMBO: N78°W BUZ: 32°NE | | | |
| | | | DIACLASA 5. RUMBO: EW | | | |
| | | | DIACLASA 6. RUMBO: N50°W | | | |
| | | | DIACLASA 7. RUMBO: N60°W | | | |
| | | | PRESENCIA DE PLEGAMIENTO | | | |
| | | | Muestra 6. | | | |
| Coordenadas tomadas en Ribera izq. Del río. | | | | | | |
| 5 | 457609 | 890697 | DIACLASA 8. RUMBO: N50°W (Diaclasas ortogonales) | | | |
| | | | DIACLASA 9. RUMBO: N50°E (Diaclasas ortogonales) | | | |
| | | | Muestras 7 y 8. | | | |
| 6 | 457615 | 890667 | Foliación. Rumbo: N56°W | | | |
| | | | DIACLASA 10. RUMBO: N60°W | | | |
| | | | DIACLASA 11. RUMBO: N32°W | | | |
| | | | Muestra 9. | | | |
| COORD. TOMADAS AL SUR DEL AFLORAMIENTO | | | | | | |