



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

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DEL
FUNDO EL NOVILLO, SECTOR LA NARANJITA, UBICADO AL
NOR-OESTE DEL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA,
ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LOS BACHILLERES
SEAFORTH CORTÉS
ADRIANA C. DE LOS
ÁNGELES, Y BARRIOS
MARTÍNEZ JOSÉ VICENTE,
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-ESTRUCTURAL DEL FUNDO EL NOVILLO, SECTOR LA NARANJITA, UBICADO AL NOR-OESTE DEL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**, presentado por los bachilleres **SEAFORTH CORTÉS ADRIANA C. DE LOS ÁNGELES, Y BARRIOS MARTÍNEZ JOSÉ VICENTE**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firmas
Prof. Rosario Rivadulla (Asesor)	
Prof. Félix Martínez Jurado	
Prof. Francisco Monteverde Jurado	
 Prof. Rosario Rivadulla Jefe del Departamento de Geología	 Prof. Francisco Monteverde Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar _____ 06 _____ de _____ noviembre _____ 2023

DEDICATORIA

Proyecto dedicado a mi hermana Dianela Barrios por ser la principal fuente de inspiración para lograr culminar esta carrera por ser mi gran guía y ahora colega. A mis padres José Gregorio Barrios y Beatriz Martínez por todo el esfuerzo desde el inicio porque sin su ayuda y su guía no habría sido posible materializar este triunfo. A mis abuelos Vicente Barrios y Carmen Salazar en el cielo, sé que me acompañan en cada paso de mi vida. A mis tíos Ángel Martínez, Miguel Armas, Soraya Martínez y Leccia Martínez por su apoyo incondicional y finalmente a mi abuela Cruz Martínez por forjar el carácter de un hombre luchador por sus ideales.

A mis compañeros Eucary Castro, Marilen García, Edixon Ramírez, Socrates Vival.

Finalmente dedico mi proyecto de grado a Maria Alejandra Brito por ser un gran apoyo y guía en situaciones difíciles que se presentan en la etapa final de la carrera, gracias por no dejar morir la motivación.

José V. Barrios M.

Este proyecto lo dedico primeramente a Dios, por ser el Creador, darme salud y haber cumplido su propósito en mí.

A mis padres Isolina Cortés y Alfredo Seaforth, por el esfuerzo y apoyo incondicional brindado en cada etapa de mi vida y mis logros se los debo a ustedes.

A mi tía Marisol Cortés, gracias por cada palabra de aliento y amor brindado como una segunda madre, a pesar de nuestros distintos pensamientos.

A mi abuela María Martínez (Chepa), quien, a pesar de la distancia y las circunstancias actuales, con su amor incondicional y motivación, fue el motor principal para la culminación de esta carrera.

A mis abuelos Irma y Siegfred, que no se encuentran en este plano, pero fueron colaboradores en mi formación personal y educativa en poco tiempo.

A mis tíos Simón, Yelitza, Omar, hermano Alfredo y a toda mi familia Vásquez Martínez.

A Eucary Castro, Marilen García, Natasha Baca, Maurelis Garcés, Anthony Lascano, Jaira Igarza, Ángel Damas y compañeros de la Universidad de Oriente que sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y alegrías durante esta etapa universitaria.

Gracias a todos los mencionados anteriormente, los quiero.

Adriana C. Seaforth Cortés.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradecemos a nuestra asesora de tesis Rosario Rivadulla por el apoyo y colaboración prestada en todo momento, a la familia Vásquez dueños del fundo El Novillo por brindarnos su hospitalidad y permiso para realizar el proyecto los días que fueron necesarios.

Agradecemos a nuestra casa de estudio la Universidad de Oriente, a los profesores Héctor Cedeño, Jorge Abud, Marco Carrión, Jacques Edlibi, José Simón González por su dedicación, tiempo y aporte de conocimientos durante nuestra formación académica.

RESUMEN

El área de estudio está ubicada en el sector del fundo El Novillo, al noreste de Ciudad Piar, en la parroquia Capital, del municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar. Este trabajo tiene como finalidad la caracterización geológica – estructural del Fundo El Novillo, en el sector La Naranjita. Es una investigación de tipo descriptiva y con un diseño documental y de campo. Para el logro de los objetivos se recolectó información en 13 estaciones, ubicadas en el Complejo de Imataca. Y se recolectaron 10 muestras de rocas; de ellas a 5 se les realizó el análisis mineralógico macroscópico con una lupa 10X. Cada estación se ubicó con las coordenadas U.T.M., en huso 20, datum La Canoa; y se midieron los rumbos de las diaclasas, foliación y fallas. Se utilizó como cartografía la hoja 7538 (Ciudad Piar) a escala 1:100.000 y las imágenes de Google Earth. Para procesar los datos de las estructuras se utilizó la aplicación stereonet, y elaborar los diagramas de rosetas; en los cuales se analizaron los sistemas de diaclasas y los azimut que presentan en el área de estudio; procesando información de 12 datos de foliaciones y 21 datos de diaclasas. El mapa geológico se elaboró con datos de campo, utilizó la aplicación de PowerPoint del office 2016 y el Autocad Land y Autocad 2012, para digitalizarlo. Los resultados obtenidos del levantamiento de campo indican la presencia de 2 unidades estratigráficas en la zona: el Complejo de Imataca que se caracteriza litológicamente por migmatitas de color rosado y gris, con pliegues de flujo, con bandas de anfibolitas negro verdoso, y diques de pegmatitas, gneises anfibólicos de grano medio a fino, gris oscuro, y gneises graníticos, de color rosado, de grano fino; y los suelos residuales de Imataca, que se caracterizan por ser arcillosos de color rojo medio, con una cobertura de cuarzo flotante, en su mayoría de tipo lechoso, con fragmentos angulosos, concreciones ferruginosas (pisolitas) y bloques de rocas meteorizadas. La composición mineralógica de las migmatitas es feldespato potásico (~55-40%), cuarzo (~30-25%), granudo y plagioclasa (~15-10%); los gneises anfibólicos presentan plagioclasa (~25-40%), cuarzo (~30-25%), granudo, y horblenda (~20- 25%); y los gneises graníticos por microclino (~25-45%), cuarzo (~30-25%) y plagioclasa (~20-15%). La foliación presenta un azimut entre 0° y 23° y 295° en el centro del área; entre 80° y 100° al norte, 62° al suroeste. El patrón geométrico de los sistemas de diaclasas es conjugadas, y de acuerdo al análisis de los datos, en la zona existen diaclasas conjugadas, con ángulos entre ellas de 35° a 75° , ortogonales con azimut de 330° y 58° - 62° . En general se encuentran 3 grandes sectores de direcciones de las diaclasas, de 0° a 40° a 55° a 110° y de 120° a 150° de azimut. Con datos de 6 estaciones se interpretaron los sistemas de diaclasas y se determinó que la dirección de de los

esfuerzos σ_1 , son NW-SE, para toda del área de estudio; que se corresponden con los estudios regionales, con un patrón de fracturamiento, principalmente con azimut N:340^o-350^o, N:315^o y N:280^o-290^o. En el mapa geológico las migmatitas de color rosado y gris, ocupan el 28%, los gneises graníticos rosados de grano fino el 7,5%, los gneises anfibólicos el 3,5 %, y los suelos residuales el 61%.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	;Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	6
2.2 Acceso al área de estudio.....	7
2.3 Características físicas y naturales del área de estudio.....	8

2.3.1	Clima.....	8
2.3.2	Temperatura	8
2.3.3	Precipitación	9
2.3.4	Vientos	9
2.3.5	Evaporación	10
2.3.6	Radiación	10
2.3.7	Vegetación	10
2.3.8	Hidrografía.....	11
2.3.9	Geomorfología	12
2.3.10	Suelos.....	14
2.4	Geología regional.....	15
2.4	Geología local	17
CAPÍTULO III.....		20
MARCO TEÓRICO.....		20
3.1	Antecedentes relacionados con la investigación.....	20
3.2	Fundamentos teóricos	21
3.2.1	Clasificación petrográfica de las rocas metamórficas.....	21
3.2.3	Tipos de diaclasas	22
3.2.3.4	Familias de diaclasas.....	23
3.2.3.5	Sistema de diaclasas.....	24
3.2.4	Origen de las diaclasas.....	25
3.2.5	Zonas de cizalla.....	25
3.2.6	Caracterización geomecánica de las diaclasas	26
3.2.7	Plegamiento pasivo o de flujo.....	27
3.2.8	Indicadores cinemáticos (complejos porfiroblasto-cola).....	27
3.2.9	Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos, asociadas a fallas y asociadas a zonas de cizalla frágil – dúctil.....	28
3.2.10	Medida de las direcciones características de las diaclasas.....	28
3.2.11	Diagrama de Rosas o Roseta.....	30
3.2.12	Tipos de espaciado de las diaclasas	31
3.3	Definición de términos básicos	33

3.3.1 Rumbo.....	33
3.3.5 Sills	34
3.3.6 Diques	34
3.3.8 Tipos de rocas metamórficas foliadas.....	35
3.3.9 Rocas metamórficas más comunes en la zona de estudio.....	36
3.3.10 Pisolita.....	38
CAPÍTULO IV	40
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
4.1 Tipo de investigación	40
4.2 Diseño de la investigación	41
4.3 Población y muestra de la investigación	42
4.3.1 Población.....	42
4.3.2 Muestra	42
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
4.4.1 Procedimiento de campo.....	43
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	43
4.5 Flujograma de la investigación	44
4.5.2 Etapa de campo	47
4.5.3 Etapa de laboratorio	47
4.5.4 Etapa de oficina	48
CAPÍTULO V	52
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	52
5.1 Características de unidades geológicas del área del fundo Los Novillos.....	52
5.2 Descripción de las estaciones de trabajo.....	54
5.2.1 Estación E1	56
5.2.2 Estación E1-A	58
5.2.3 Estación E1-B	58
5.2.4 Estaciones E2, E-A y E2-B.....	60
5.2.5 Estación E3	62

5.2.6 Estación E4	63
5.2.7 Estaciones E5 y E5-A	64
5.2.8 Estaciones E6, E6-A y E6-B.....	64
5.2.9 Estación E7	66
5.2.10 Estaciones E8, E9, E10, E11 y E12	67
5.2.11 Estación E13.....	69
5.3 Clasificación mineralógica de las muestras de rocas	71
5.3.1.....	71
5.4 Clasificación de las estructuras geológicas con datos de campo	74
5.4.1 Resultados de los datos de las foliaciones	74
5.4.2 Resultados de los datos de las diaclasas	75
5.5 Determinación de la dirección de esfuerzo σ_1 en los diagramas de rosetas	83
5.6 Comparación del patrón de diaclasas local con el regional	85
5.7 Análisis del mapa geológico del área de estudio	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Conclusiones	89
Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS.....	92

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Hoja cartográfica 7538 (Ciudad Piar) a escala 1:100.000	6
2.2 Acceso al área de estudio, fundo El Novillo. Fuente: Google Earth	7
2.3 Vegetación tipo sabana, con chaparros, mantecos y gramíneas, y morichales, asociados a la quebrada.....	11
2.4 Hoja cartográfica con los ríos de la zona (izquierda) y la imagen satelital donde se parecía el patrón de drenaje (derecha). 2.4 Hoja cartográfica con los ríos de la zona (izquierda) y la imagen satelital donde se parecía el patrón de drenaje (derecha).....	11
2.5 Quebrada Los Novillos, en el sector del puente, vía al hato Toribio.	12
2.6 Paisaje con loma y penillanura, de la zona de la quebrada Los Novillos	12
2.7 Mapa geomorfológico con leyenda. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN	13
2.8 Suelo del área.....	14
2.9 Faja litotectónicas del Complejo de Imataca (Mendoza, 2005)	16
2.10 Mapa geológico esquemático del Complejo de Imataca (Dougan, 1972 en Mendoza, 2012), arriba; y abajo imagen satelital de Google Earth con la ubicación del fundo El Novillo.....	18
2.11 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.	19
3.1 Tipos de diaclasas (Geovirtual, 2023).....	22
3.2 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010)	24
3.3 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).....	26
3.4 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010)	27
3.5 Porfiroblastos-cola (Fossen, 2010)	28
3.6 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016).	29
3.7 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016).....	30
3.8 Representación de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Pérez, 2023).	31
3.9 Roseta de diaclasas (Wolfgang, G., 2001).....	32
3.10 Espaciado real y aparente de las diaclasas (Pérez, 2023).....	34
3.11 Estructuras en rocas de fábrica planar y lineal (Van der Plujim & Marshak, 2004).....	39
3.12 Pisolitas hematíticas y fragmentos de cuarzo, sobre roca metamórfica meteorizada, fundo El Novillo, sector La Naranjita, estado Bolívar.....	46

4.1 Flujograma de la investigación.....	48
4.2 Medición de rumbos de las estructuras, identificación de las estaciones y las muestras.....	49
4.3 Ventana del software Streeonet, para cargar los datos iniciales.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Página
4.4 Ventana de la izquierda de software Streeonet, para activar la generación del Diagrama de Rosa, en la pestaña “Rose Diagram”.....	50
4.5 Ventana de la izquierda de software Streeonet, con la generación del “Diagrama de Rosa” con las etiquetas de los datos.....	53
5.1 Afloramientos del Complejo de Imataca, sector fundo El Novillo.....	54
5.2 Suelos residuales del área de estudio.....	55
5.3 Mapa con las estaciones de trabajo.....	57
5.3 Migmatitas con pliegues y anfibolitas, en E1.....	58
5.4 Dique de pegmatita en migmatita, en la estación 1.....	59
5.5 Migmatitas con diaclasas conjugadas.....	59
5.6 Migmatitas con dique de pegmatita asociado a falla dextral.....	60
5.7 Falla dextral con plegamiento asociado.....	61
5.8 Migmatitas con pliegues de flujo y diaclasas paralelas.....	62
5.9 Afloramiento de la estación E3.....	63
5.10 Migmatita rosada y gris, con pliegues de flujo, con dique de cuarzo, en la estación E4.	64
5.11 Gneis anfibólico de la estación E5 y E5-A.....	65
5.12 Afloramiento de gneises graníticos rosados, la estación E6.....	66
5.13 Afloramiento de gneises graníticos rosados, de la estación E7.....	67
5.14 Gneises graníticos rosados, de E7.....	68
5.15 Afloramientos de migmatitas en las estaciones E8 y E9.....	68
5.16 Suelos residuales entre los afloramientos de migmatitas de la estación E9 y E10.....	69
5.17 Afloramientos de migmatitas en la estación E12.....	70
5.18 Afloramientos de migmatitas en la estación E13.....	70
5.19 Migmatitas y anfibolitas cizalladas en la estación E13.....	71
5.20 Diaclasas radiales en migmatitas, en la estación E13.....	72
5.21 Muestras de rocas de las estaciones E1, E3, E5, E6, y E7.....	73
5.22 Muestras de rocas de las estaciones E1, E3, E5, E6, y E7.....	74
5.23 Diagrama de rosetas de las foliaciones.....	75
5.24 Diagrama de rosetas de las diaclasas del fundo El Novillo.....	77
5.25 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estaciones E1 y E1-A.....	78
5.26 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estaciones E2.....	79
5.27 Diagramas de roseta de las diaclasas de las estaciones E5 y E5-A.....	80

5.28 Diagramas de roseta de las diaclasas de las estaciones E6 y E6-A.....	81
5.29 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estación E7.....	82
5.30 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estación E12.....	83
5.31 Diagramas de roseta de las diaclasas con dirección del esfuerzo σ_1	84

LISTA DE FIGURAS

	Página
5.32 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.....	85
5.33 Diagramas de roseta de las diaclasas con los rangos de azimut.....	86
5.34 Diagramas de rosas de: A) La unidad 110001 del Complejo de Imataca.. y B) Zona del fundo El Novillo- sector La Naranjita.	87
5.35 Mapa geológico del sector del fundo El Novillo.....	88

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Precipitaciones anuales de la cuenca baja del río Caroní.....	9
3.1 Clasificación de las diaclasas por sus características geomecánicas (Universidad Nacional De San Luis, 2023).....	26
3.2 Descripción del espaciado entre las diaclasas (Pérez, 2023).....	32
5.1 Coordenadas U.T.M. de las estaciones, Huso 20, datum La Canoa.....	56
5.2 Datos de rumbo y azimut de las foliaciones.....	75
5.3 Datos de rumbo y azimut de las diaclasas.....	76

INTRODUCCIÓN

La Provincia Imataca es una de las 4 provincias que conforman el Escudo Guayana. Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico, se caracteriza por filas alargadas de cuarcitas ferruginosas anfibolíticas y granulíticas, migmatitas, charnockitas y algunos mármoles dolomíticos del Complejo Imataca, que ocupa zonas montañosas con alturas superiores a los 40 msnm. Esta se extiende desde SO-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en la dirección NO-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 50 km.

En el caso de esta investigación se encuentra ubicada en el municipio Bolivariano Angostura del estado Bolívar, aproximadamente a 5 km del sector La Naranjita vía Ciudad Piar.

Este presente trabajo está estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I se presenta la situación a investigar, abarca los objetivos, justificaciones y limitaciones de la investigación. El capítulo II corresponde a las generalidades del área. En el capítulo III se citan los antecedentes, desarrollaron los fundamentos teóricos y la definición de términos básicos. La metodología empleada se muestra en el capítulo IV. En el capítulo V se representan el análisis e interpretación de los resultados y por último se presentan las conclusiones y recomendaciones generadas del análisis de los resultados como consecuencia final del estudio.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Provincia geológica de Imataca, en la unidad estratigráfica del Complejo de Imataca, el cual forma parte del Escudo de Guayana y del Cratón Amazónico.

El Cratón Amazónico es una masa Precámbrica que abarca aproximadamente 430.000 Km² del continente Sur Americano y está conformado por cinturones orogénesis y dos grandes bloques cratónicas, al Sur el Cratón de Guarape y al Norte el Cratón de Guayana, los cuales están separados entre sí por la cuenca del río Amazona. La parte venezolana del Escudo de Guayana representa un 25% del total de su área. El cual ha sido dividido en base a sus asociaciones litológicas, estilo estructural, metamorfismo y geo cronológica en cuatro provincias de más antigua a más joven (Roraima, Cuchivero, Pastora, Imataca)

La Provincia Geológica Imataca, es un bloque de edad Arqueozoico caracterizado por su complejidad estructural y alto grado metamórfico que va desde las facies de la anfibolita hasta las facies granulitas de los piroxenos se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste-Sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente. Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60 – 75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15 – 20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos

metamorfizados y más jóvenes CRV – TTG gnéisicos (El Torno – Real Corona) (Mendoza, V. 2000).

La zona de estudio corresponde al Fundo El Novillo, ubicado geológicamente en el Complejo Imataca, de la cual no existe información a nivel de detalle en relación a la petrología y los aspectos estructurales, y los estudios existentes proporcionan información a nivel regional, tales como los estudios de C.V.G. Tecmin y el Mapa Geológico de Venezuela a escala 1:750.00 (Paul C. Hackley y otros, 2006) y los estudios tectónicos realizados por Ascanio, donde cita las fajas tectónicas en que se divide el Complejo de Imataca, donde presenta las relaciones estructurales de la región asociadas a los fenómenos de la tectónica de placas de Sur América y Mar Caribe.

El área que se plantea estudiar, se encuentra en los alrededores del Fundo El Novillo, del cual existe muy escasa información sobre las características geológicas a nivel de detalle, así como de los afloramientos rocosos, por lo que en este proyecto se pretende estudiar a nivel detallado las rocas aflorantes y las estructuras geológicas asociadas a ellas, ubicado en el sector La Naranjita. Los datos estructurales que se obtengan en este trabajo serán comparados con los datos tectónicos regionales y así aportar nueva información o corroborar los datos existentes, por lo que se justifica la realización de esta investigación.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar una caracterización geológica – estructural del Fundo El Novillo, ubicado en el sector La Naranjita, municipio Bolivariano Angostura, Parroquia Sección Capital Raúl Leoni, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1) Identificar las unidades geológicas presentes en el área de estudio, con apoyo bibliográfico y recopilación de información en campo.

2) Realizar la descripción macroscópica - petrográfica de las rocas aflorantes del Fundo El Novillo, utilizando las muestras recolectadas en campo.

3) Determinar las características de las estructuras geológicas presentes en las rocas a partir de los datos de rumbo y buzamiento.

4) Inferir la dirección de los esfuerzos tectónicos que dieron origen a las diaclasas y fallas, analizando los diagramas de rosas.

5) Comparar el patrón de diaclasas local con el regional utilizando estudios previos o información de cartografía geológica.

6) Representar en un mapa geológico las unidades litológicas presentes en la zona de estudio.

1.3 Justificación de la investigación

Desde el punto de vista geológico, en la zona solamente existe información a escala regional, con este estudio se pretende aportar información a escala a nivel de detalle, por lo que se justifica el presente proyecto, pues aportara nueva información para fortalecer futuros proyectos geoeconómicos y geológicos.

1.4 Alcance de la investigación

Identificar las unidades litológicas presentes en el área, clasificación petrográfica macroscópica de las rocas, clasificación de las estructuras geológicas asociadas a las rocas, determinación de los esfuerzos que originaron las diaclasas y fallas, comparación entre el patrón de diaclasas y de los esfuerzos locales con los regionales y la representación de las unidades litológicas y las estructuras en un mapa geológico.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para realizar este estudio se presentan diversas limitantes, principalmente el traslado al área, debido al coste del combustible, así mismo la distancia en la que se encuentra, alejada del lugar de residencia. Por otro lado, se puede decir que un factor negativo es el poco presupuesto con el que se cuenta, sumado a eso que se requieren diversos análisis de las muestras tomadas y la Universidad de Oriente en su Escuela de Ciencias de la Tierra no cuenta en la actualidad con este tipo de laboratorio requerido para ese estudio, lo cual generará un elevado valor presupuestario, así como el tiempo necesario para llevar a cabo las distintas actividades.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El fundo El Novillo se localiza al noreste de Ciudad Piar, en la parroquia Capital, del municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar, el área de estudio se encuentra localizada dentro de las coordenadas UTM REGVEN (WG884) Huso 20: N: 841900 – N: 841145 y E: 476169 - E:476758 (Figura 2.1).

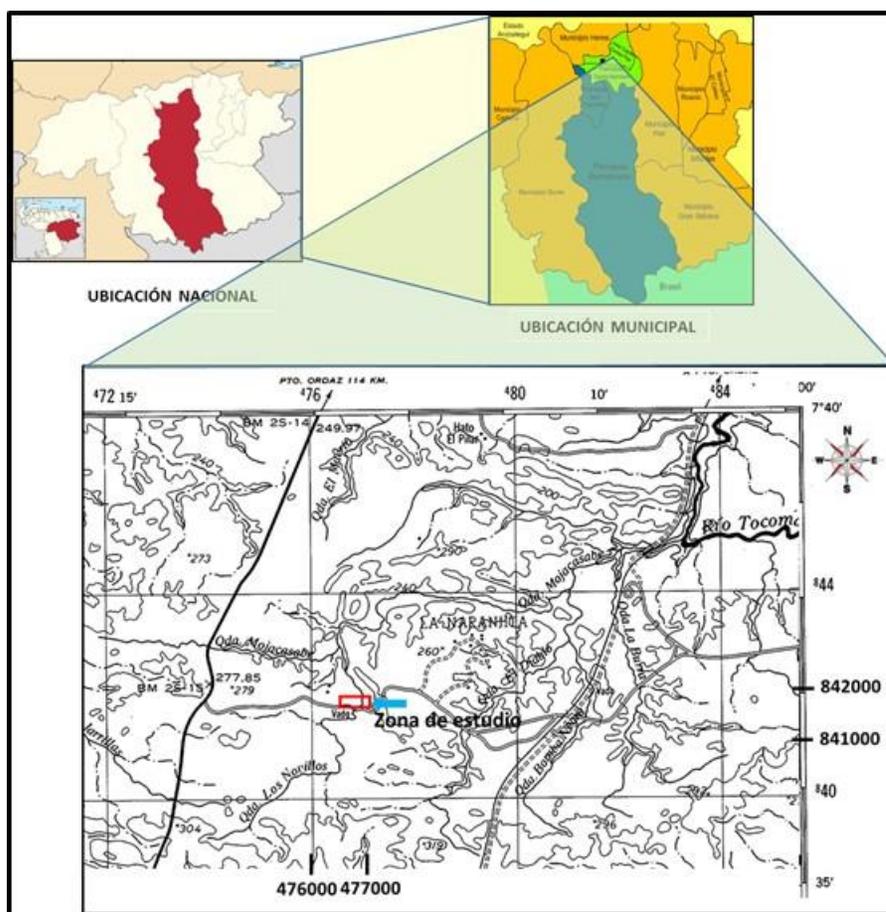


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Hoja cartográfica 7538 (Ciudad Piar) a escala 1:100.000.

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio se puede realizar desde Ciudad Bolívar, hasta llegar al Distribuidor Marhuanta en la troncal 19, se toma la vía hacia Palma Sola, se recorren 30 Km hasta allí, luego se toma el desvío hacia el cruce de Gurí, y se corren 27 Km más, de allí se toma la carretera vía Ciudad Piar, cruzando a la derecha; recorriendo 38 Km más, donde se encuentra una carretera con desvío a izquierda vía al fundo El Novillo, y se recorren 7 Km ; que en total son 107 Km desde el distribuidor Marhuanta hasta el fundo El Novillo (Figura 2.2).

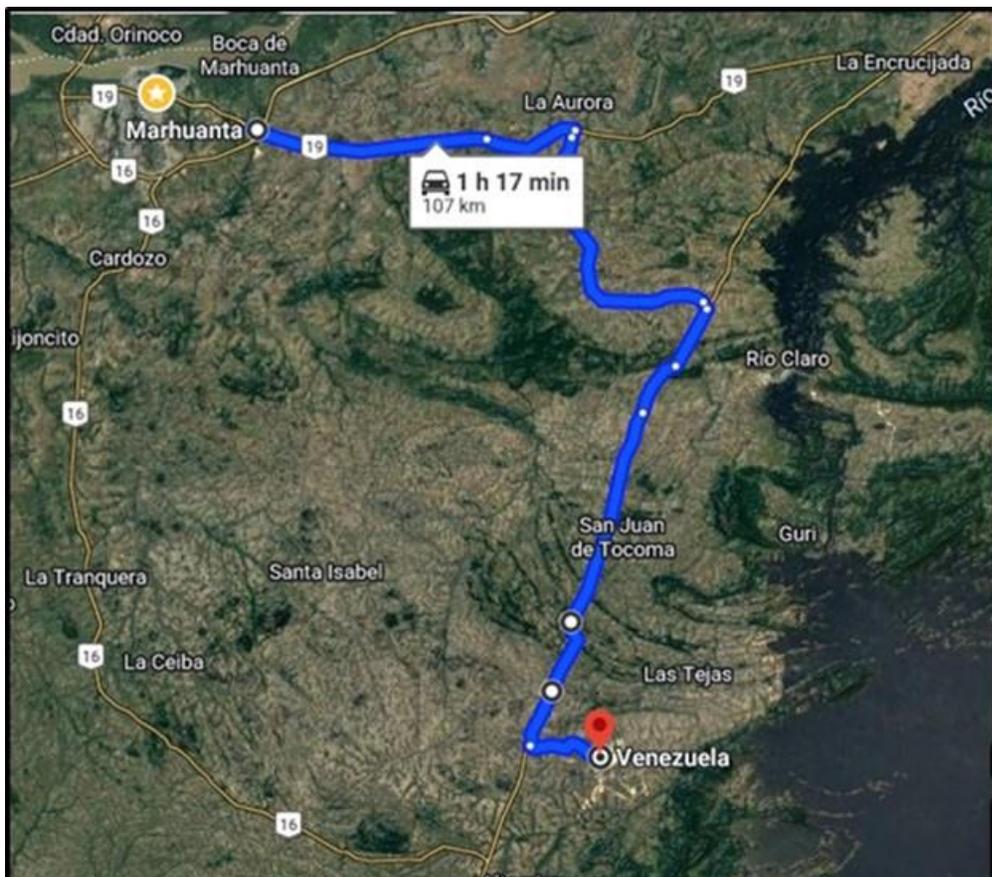


Figura 2.2 Acceso al área de estudio, fundo El Novillo. Fuente: Google Earth.

2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

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

2.3.1 Clima

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

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

2.3.2 Temperatura

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

2.3.3 Precipitación

El régimen de precipitación anual en la cuenca es bimodal, con un periodo lluvioso entre mayo y noviembre y otro seco entre diciembre y abril (Tabla 2.2) (CVG. EDELCA, 2.004).

Tabla 2.1 Precipitaciones anuales de la cuenca baja del río Caroní.

Precipitación media anual (mm)			
Cuenca	Anual	Período seco	Periodo lluvioso
Bajo Caroní	1.430	200	1.230

2.3.4 Vientos

Los vientos son de baja velocidad con una media anual de 1,7m/s y con valores medios extremos que alcanzan 3,1m/s valores correspondientes al bajo Caroní. Estas bajas velocidades son consecuencias de la zona de convergencia Intertropical, que se caracteriza por la existencia de movimientos ascendentes de aire o de convección y que determina un tiempo y periodos de calma frecuentes. La variación anual del viento está en función de la distribución y actividad de los centros de alta y baja presión, ubicados tanto sobre el continente americano como sobre el océano Atlántico (CVG. EDELCA, 2.004).

2.3.5 Evaporación

Este elemento es un fenómeno gradual que se incrementa proporcionalmente, de acuerdo con la cantidad total de superficie expuesta. La ubicación de la isla zona juega un papel importante en este parámetro, ya que el aumento o disminución del mismo depende directamente de la influencia de la temperatura y radiación solar, sobre las aguas del Caroní.

La evaporación media anual es de 1.830 mm, con periodos máximos y mínimos asociados al régimen de precipitación. Con respecto a los sectores, la evaporación media anual más alta es de 2.250 mm y se registran en el bajo Caroní, como producto de sus mayores temperaturas (CVG. EDELCA, 2.004).

2.3.6 Radiación

La radiación solar media anual es de 426 cal/cm/día y oscila, durante el año, entre 392 y 453cal/cm/día. Se comprueba la ocurrencia durante el año, de dos máximos (febrero, con 453 cal/cm/día y septiembre, con 449cal/cm/día) y dos mínimos (diciembre con 392 cal/cm/día, y Junio con 398 cal /cm/día) (CVG. EDELCA, 2.004).

2.3.7 Vegetación

Los suelos observados poseen baja capacidad para retener agua, por tanto, se encuentra representada por bosques de baja altura y baja densidad, siendo características la vegetación de tipo gramíneo arbustiva y bosques achaparrados; las zonas de mayor desarrollo vegetal se encuentran asociadas a la presencia de cuerpos de agua permanentes e intermitentes, que para el caso del área de estudio, corresponden con la quebradas El Merrey, El Totumo y Corocito (CVG - TECMIN, 1991) (Figura 2.3).



Figura 2.3 Vegetación tipo sabana, con chaparros, mantecos y gramíneas, y morichales, asociados a la quebrada.

2.3.8 Hidrografía

La hidrografía de la zona es de tipo dendrítico controlado por el río Caroní y sus tributarios, y su principal afluente, al oeste es el río Tocoma; y que tiene como tributario, al oeste, a la quebrada Mojacasabe, y esta a su vez tiene a la quebrada Los Novillos, El Diablo y la quebrada Bomba Negra, que fluyen de suroeste al noreste. De acuerdo al análisis de la imagen satelital de la zona el drenaje es dendrítico angulado, controlado por el patrón de fracturamiento estructural (Figuras 2.4 y 2.5).

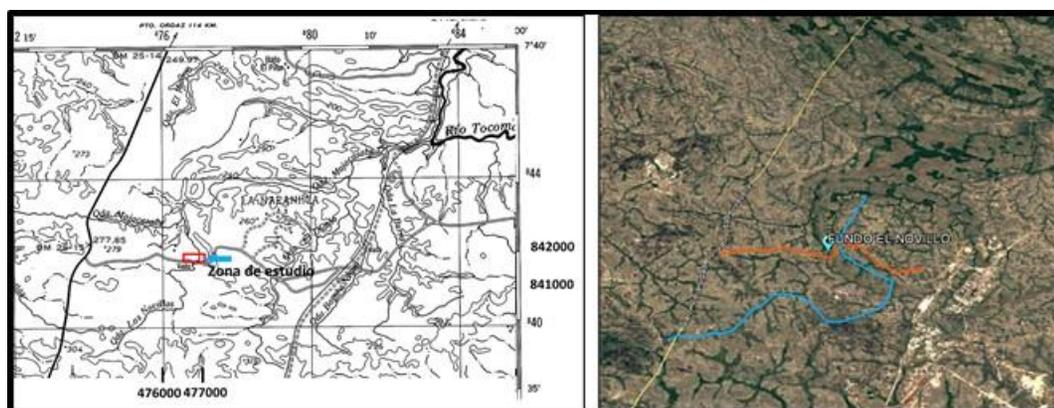


Figura 2.4 Hoja cartográfica con los ríos de la zona (izquierda) y la imagen satelital donde se parecía el patrón de drenaje (derecha).



Figura 2.5 Quebrada Los Novillos, en el sector del puente, vía al hato Toribio.

2.3.9 Geomorfología

La fisiografía presente en el área de estudio es característica de los terrenos donde se ubican lomas de altura media (códigos Lo2-1 y Lo 2-2), con pendientes comprendidas entre 8% y 30% bordeadas por penillanuras onduladas a suavemente onduladas, con colinas, glacis coluviales y vegas (códigos Pe1-1 y Pe 2-2), CVG-TECMIN (1991) (Figura 2.6 y Figura 2.7).



Figura 2.6 Paisaje con loma y penillanura, de la zona de la quebrada Los Novillos.

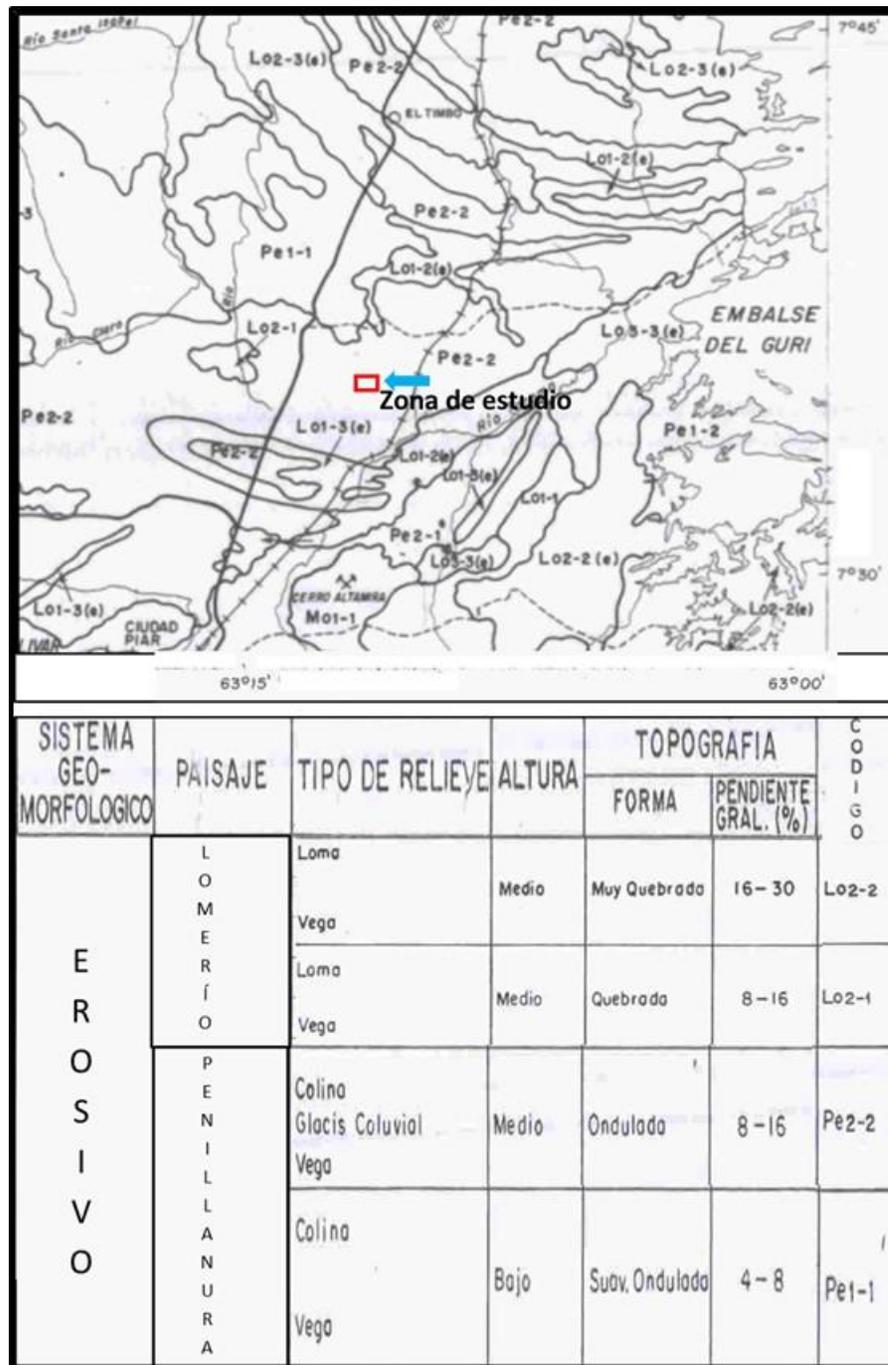


Figura 2.7 Mapa geomorfológico con leyenda. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 (1991), CVG-TECMIN.

2.3.10 Suelos

Tomando como referencia lo enunciado por la Corporación Venezolana de Guayana Técnica Minera (CVG TECMIN, 1988), en el área del proyecto predominan los suelos residuales, superficiales a profundos; éste tipo de suelos presenta textura arenosa o areno arcillosa, son de baja fertilidad, dada su baja capacidad para retener agua.

En la zona de estudio se encuentran suelos cubiertos por fragmentos de cuarzo flotante de diversos tamaños, entre 1 a 20 cm, fragmentos de roca meteorizada y concreciones ferruginosas (pisolitas) (Figura 2.8).



Figura 2.8 Suelo del área.

2.4 Geología regional

Geológicamente, el área a estudiar, se ubica dentro de la Provincia Geológica de Imataca, la cual se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco hasta la Falla de Gurí, a lo largo de unos 550 km y 80 km de ancho respectivamente. Las rocas que afloran son de edad pre-cámbrica, pertenecientes al proterozoico temprano, aproximadamente 2,4 billones de años. (Mendoza, V., 2005).

La Provincia Geológica de Imataca está constituida mayormente por rocas denominadas Complejo de Imataca, tales como Migmatita de La Ceiba e intrusivos jóvenes. El término “Complejo de Imataca”, lo introduce Chase en 1965, por considerar “que la complejidad de la estructura hace improbable que se logre la determinación de una sucesión inequívoca de Formaciones dentro del conjunto”. La Migmatita de La Ceiba es un nombre empleado originalmente por Kalliokosky (1965), cuyas rocas consisten en dos componentes esenciales; una roca anfitrión de gneis cuarzo-feldespáticos de grano fino a medio y una roca huésped de composición granítica de grano medio a grueso. Dentro de los intrusivos jóvenes se encuentran el granito de La Encrucijada (Kalliokosky 1965) y algunos cuerpos granodioríticos (Mendoza, V., 2005).

Según Mendoza (1977), desde los puntos de vistas, estructurales, de deformaciones, edades, asociaciones, límites petrotectónicos, la zona pertenece a la Provincia Estructural Bolívar con orientación N 50-70 E que han sido cortadas por directrices más jóvenes N 10-30 W de la Provincia Amazonas a lo largo de complejas zonas de fallas, discordancias, movimientos tectónicos e intrusiones acidas denominada Frente Caura (Mendoza, V., 2005).

Ascanio (1975) postuló que parte, al menos del Complejo de Imataca, está formada por varias fajas tectónicas que representan micro continentes que por deriva chocaron unos con otros con abducción y subducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Estas las denominó como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, Los Naranjitas, La Ceiba, Cerro Bolívar y Laja Negra (Mendoza, V., 2005).

La zona del fundo El Novillo se encuentra ubicada en la Faja tectónica Santa Rosa y está asociada al flanco Norte de un sinclinal (Figura 2.9).

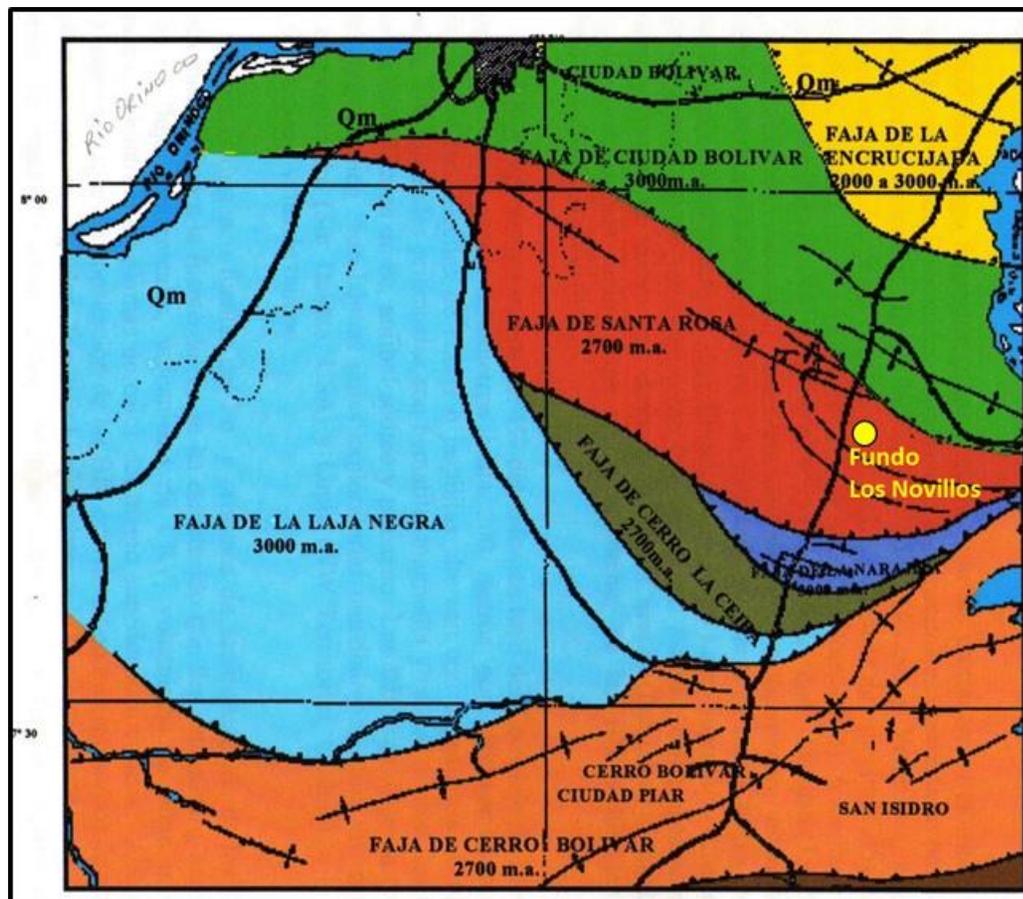


Figura 2.9 Faja litotectónicas del Complejo de Imataca (Mendoza, 2005).

Dougan (1972) en Mendoza (2012) presentó un mapa geológico del sector al Oeste del río Caroní, donde se aprecian las diferentes unidades litológicas aflorantes del Complejo de Imataca, constituidas por granulitas félsicas verdes y rojas, gneis graníticos migmatíticos y no magmáticos y gneises cuarzo bióticos; y la unidad de los gneises de Los Indios, conformada por gneises graníticos y gneises cuarzo-biotíticos-plagioclásicos (Figura 2.10). De acuerdo al mapa citado, la zona de estudio está incluida en la unidad litológica de gneises graníticos migmatíticos. Nótese que la imagen satelital, muestra semejanza entre las estructuras que están en la zona de estudio y las representadas en el mapa (Mendoza, V., 2005).

2.4 Geología local

En base al mapa geológico de la Hoja NB-20-2, de CVG- TECMIN (1991); en la zona del fundo El Novillos y sus alrededores, se encuentran 2 unidades estratigráficas pertenecientes a la Provincia de Imataca, que son El Complejo de Imataca, constituido por las unidades de código 110001 y 110002 y la Migmatita de la Ceiba con código 120001. La unidad 110001, se caracteriza por gneises con filones pegmatíticos, gneises cuarzo feldespáticos – biotíticos – anfibólicos, gneises félsicos granulíticos, gneises monzoníticos, granitos, pegmatitas, protomilonitas de granito, anfibolitas de grano medio, granulitas félsicas y máficas, y cuarcitas ferruginosas. La unidad 110002, se caracteriza por cuarcitas ferruginosas bandeadas de grano fino a medio, magnetíticas, cuarcitas ferruginosas no bandeadas, hematíticas, intercaladas con gneises cuarzo feldespático – biotíticos. Al noreste de la zona del fundo El Novillo, se encuentra un anticlinal, y al este un sinclinal; y el patrón de fracturamiento tiene dirección noroeste-sureste (Figura 2.11).

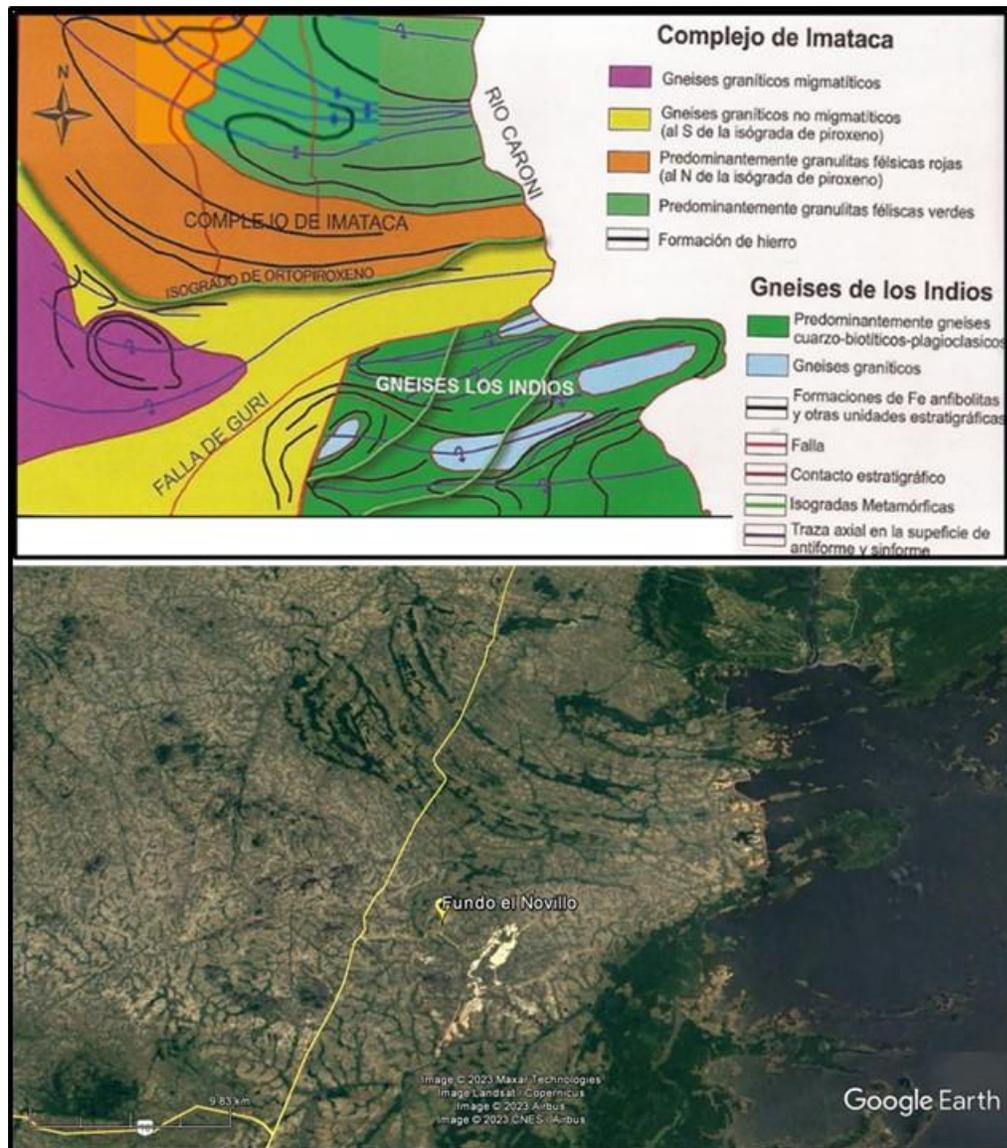


Figura 2.10 Mapa geológico esquemático del Complejo de Imataca (Dougan, 1972 en Mendoza, 2012), arriba; y abajo imagen satelital de Google Earth con la ubicación del fundo El Novillo.

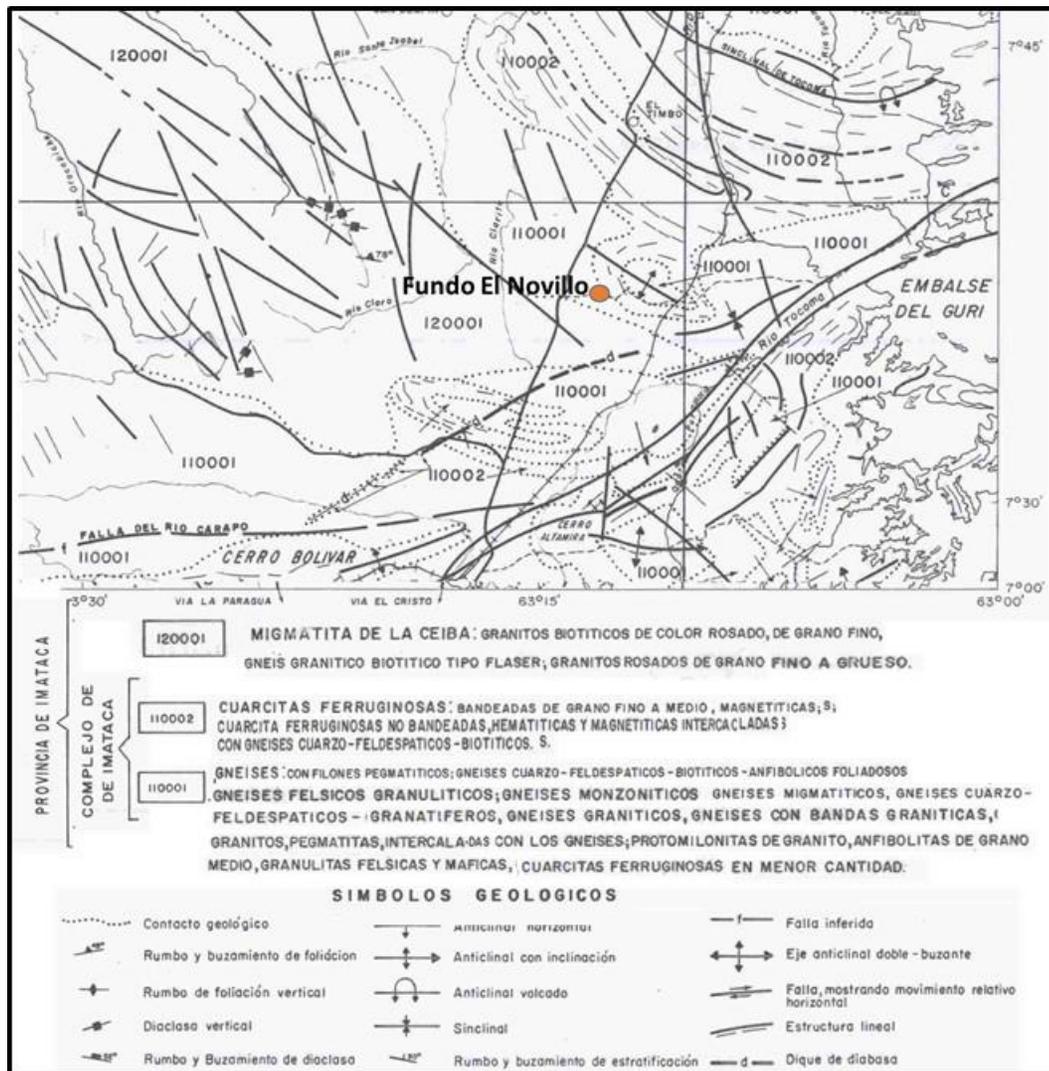


Figura 2.11 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 (1991), CVG- TECMIN.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes relacionados con la investigación

Ascanio, Gustavo (1975); en la excursión Geológica 1975 considera que el Complejo de Imataca consta de siete fajas de rocas, las cuales son; Ciudad bolívar, La Encrucijada, Santa rosa, Cerro la Ceiba, La Naranjita, La Laja Negra y Cerro Bolívar, cada uno con expresión fisiográfica propia, determinada por la composición fisiográfica y la estructura. Los contactos entre los bloques están definidos por líneas que siguen al pie de las faldas de las montañas, o el curso de algunos ríos y riachuelos. Ascanio postuló que parte, al menos, del Complejo de Imataca, está formado por varias fajas tectónicas que representan microscópicamente que por deriva chocaron unos con otros con obducción y subducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Este estudio servirá de base para determinar características litológicas de la zona de estudio.

Sosa Siso, César (1977); en el estudio de la geología de la región de El Pao-San Félix- Gurí, cita que la zona está formada por gneises félsicos y máficos altamente metamorfizados e intensamente plegados, también por rocas granulíticas ácidas, básicas e intermedia, con intercalación de anfibolitas piroxénicas y migmatitas; y que se encuentran charnockita en las carreteras Upata- Puerto Ordaz y El Pao- San Félix y formaciones de hierro de origen sedimentario en El Pao. Y que la zona está influenciada por las fallas del Gurí y El Pao marcadas por zonas de cizallamiento. Este estudio servirá de base para determinar características litológicas de la zona 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, gneis 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).

3.2.2 Diaclasas

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

El origen más aceptado para la formación de las diaclasas tectónicas establece que estas se abren perpendicularmente al esfuerzo principal mínimo $-\sigma_3-$ sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos $-\sigma_1-$ y medio $-\sigma_2-$ siendo la dirección de mayor elongación paralela al esfuerzo principal máximo (σ_1). (Fossen, 2010).

3.2.3 Tipos de diaclasas

3.2.3.1 Diaclasas según su apariencia

Las diaclasas se pueden diferenciar por su conjunto, su apariencia en sets o grupos. (Figura 3.1). (Geovirtual, 2023).

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

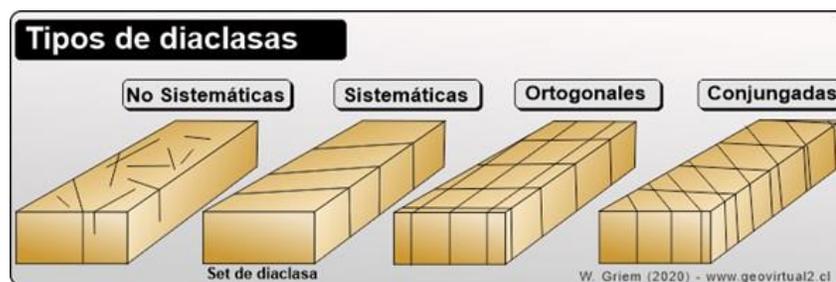


Figura 3.1 Tipos de diaclasas (Geovirtual, 2023).

3.2.3.2 Diaclasas según su longitud

Se clasifican en:

1. Maestras
2. Mayores
3. Menores

3.2.3.3 Diaclasas según su importancia relativa y los criterios de trabajo

1. Frecuencia: número de planos de diaclasas intersectados por una línea perpendicular a ella.
2. Densidad: número de diaclasas contenidas en una unidad de área.
3. Espaciamiento: distancia promedio entre los diferentes planos de fracturas, reconocidos a lo largo de una distancia determinada.

3.2.3.4 Familias de diaclasas

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

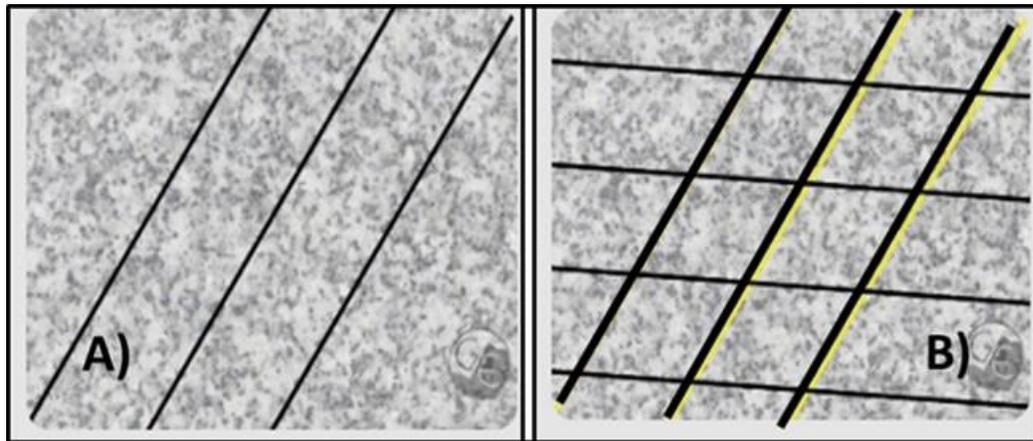


Figura 3.2 Familia de diaclasas (A) y 2 familias de diaclasas (B) (Fossen, 2010).

3.2.3.5 Sistema de diaclasas

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



Figura 3.3 Sistema de conjugadas (Fossen, 2010).

3.2.4 Origen de las diaclasas

Las diaclasas no solo se forman por orígenes tectónicos, también pueden formarse como consecuencia en cambios de los sistemas de esfuerzos por factores diferentes. (Martel, 2017).

3.2.4.1 Diaclasa en hoja o exfoliación

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

3.2.4.2 Diaclasas tectónicas

Son aquellas que se forman como resultado de la aplicación de tipo tectónico sobre la roca. Estas estructuras se forman sobre el plano que contiene a los esfuerzos principales máximos $-\sigma_1-$ y medio $-\sigma_2$ y se abren perpendicularmente al esfuerzo principal máximo $-\sigma_3$ (Fossen, 2010).

3.2.5 Zonas de cizalla

Una zona de cizalla puede definirse como una falla que se forma bajo un ambiente de deformación dúctil. Lo anterior implica que la zona de cizalla sufre movimientos iguales a los de la zona de fallas (normal, inverso, dextral, sinistral u

oblicuo) provocados por la misma relación de esfuerzos (teoría de Anderson). Las zonas de cizalla se caracterizan por ser superficies tabulares (foliadas) en las que la deformación es notablemente mayor que en las rocas que la rodean y los contactos con dichas superficies suelen ser gradacionales (Van der Pluijm y Marshak, 2004) en Fossen, 2010).

3.2.6 Caracterización geomecánica de las diaclasas

En la tabla 3.1 se presenta la clasificación de las diaclasas por la caracterización geomecánica. (Universidad Nacional De San Luis, 2023).

Tabla 3.1 Clasificación de las diaclasas por sus características geomecánicas (Universidad Nacional De San Luis, 2023).

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
Orientación	Representación mediante histogramas circulares de rumbos y buzamientos y/o mediante proyecciones Estereográficas.
Espaciamiento	Distancia promedio entre los diferentes planos de fracturas reconocidos a lo largo de un segmento de medición (semejante a frecuencia).
Persistencia	Muy baja < 1m; Baja 1-3 m; Media 3-10 m; Alta 10-20 m y Muy alta > 20m
Rugosidad	Características micromorfológicas de las caras de un plano de fractura: Alta – media - baja
Apertura	Cerradas < 0.5 mm; Abiertas 0.5 > 10 mm; Muy abiertas > 10 mm
Relleno	Arcilla, carbonatos, sílice, sin relleno, etc.
Sellamiento	Sellada, no sellada, con humedad o flujo de líquido.
Número de sets	Cantidad de juegos de fracturas.
Tamaño de bloques	Muy pequeño < 1 cm ³ Pequeño 1-10 cm ³ Medio 10 cm ³ -1 m ³ Grande 1-3 m ³ Muy grande m ³

3.2.7 Plegamiento pasivo o de flujo

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



Figura 3.4 Plegamiento de flujo (Fossen, 2010).

3.2.8 Indicadores cinemáticos (complejos porfiroblasto-cola)

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

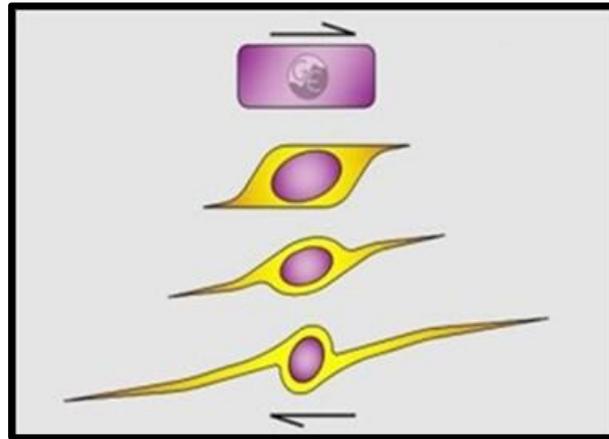


Figura 3.5 Porfiroblastos-cola (Fossen, 2010).

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

En el caso de diaclasas en zonas de fallas, forman un patrón con respecto al esfuerzo máximo σ_1 , de diaclasas conjugadas con un ángulo de 60° entre ellas, 30° con respecto a σ_1 ; y en el caso de zonas de cizallas en frágil - dúctil, forman un ángulo entre ellas entre 40° y 13° , que sería entre 20° y 65° con respecto a σ_1 . (Figura 3.6). (Jiménez Sebastián, 2016).

3.2.10 Medida de las direcciones características de las diaclasas

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

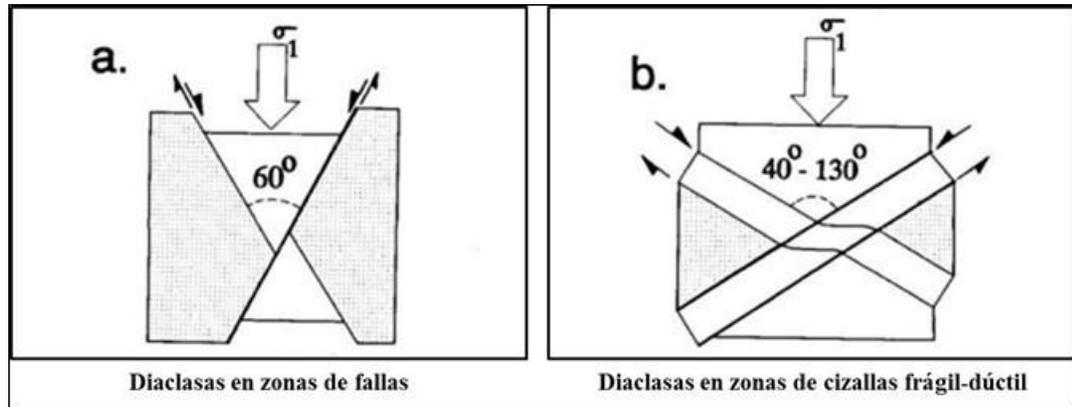


Figura 3.6 Diaclasas generadas por esfuerzos tectónicos (Jiménez Sebastián, 2016).

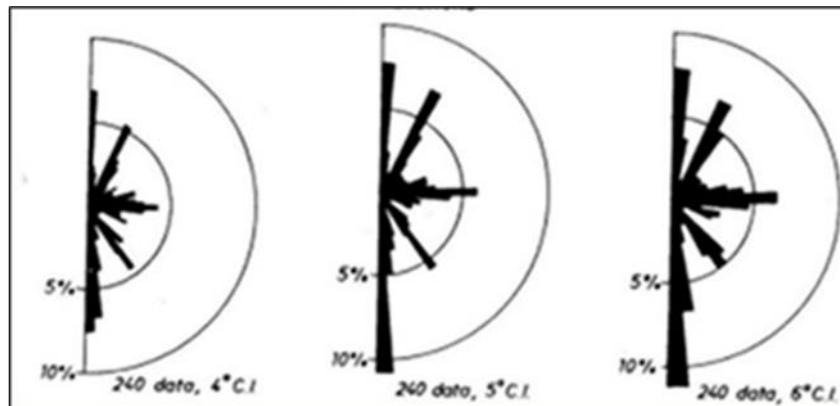


Figura 3.7 Representación gráfica de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Jiménez Sebastián, 2016).

En la figura 3.8 se presentan representación de frecuencias de diaclasas en diagramas de rosetas usando el método de proyección estereográfica con datos de azimut y en histogramas con intervalos de direcciones.

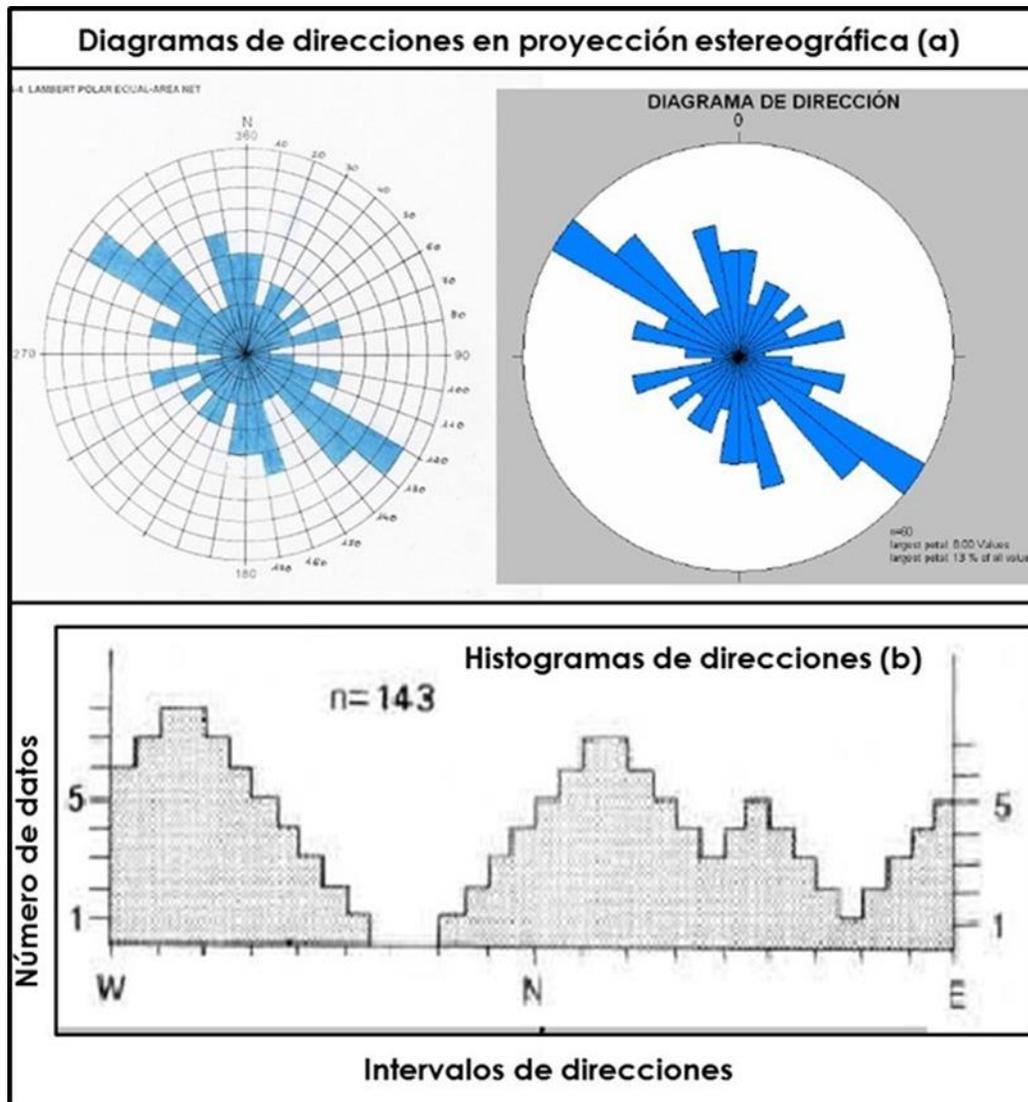


Figura 3.8 Representación de frecuencias de orientaciones de diaclasas (Pérez, 2023).

3.2.11 Diagrama de Rosas o Roseta

Es un histograma circular que muestra los datos de dirección y la frecuencia de cada clase. En geología estructural los diagramas de rosa se utilizan para trazar la orientación de las diaclasas, fallas, lineaciones y los diques. Una roseta de diaclasas es un histograma de forma redonda para visualizar las direcciones de los rumbos generales

de estructuras tabulares (diques, vetas) y de planos tectónicos (diaclasas, fallas). En este tipo de diagrama no hay información sobre el buzamiento o la dirección. Con los rangos de azimut al margen del círculo desde arriba (Norte o 0°) hacia abajo (Sur o 180°) en sentido de reloj. La cantidad de los datos a respecto a un rango se encuentra en el eje desde el centro como 0%, y hacia al margen como 100%. (Figura 3.9). (Wolfgang, G.,2001).

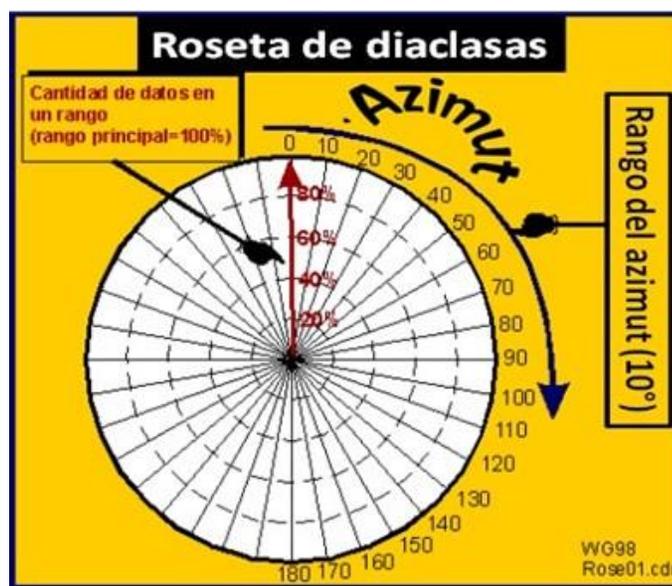


Figura 3.9 Roseta de diaclasas (Wolfgang, G., 2001).

3.2.12 Tipos de espaciado de las diaclasas

Es la separación que existe entre dos discontinuidades de un mismo juego, es la distancia entre dos diaclasas paralelas medida en la dirección perpendicular a sus planos. Condiciona el tamaño de los bloques del macizo rocoso. (Figura 3.10). (Pérez, 2023).

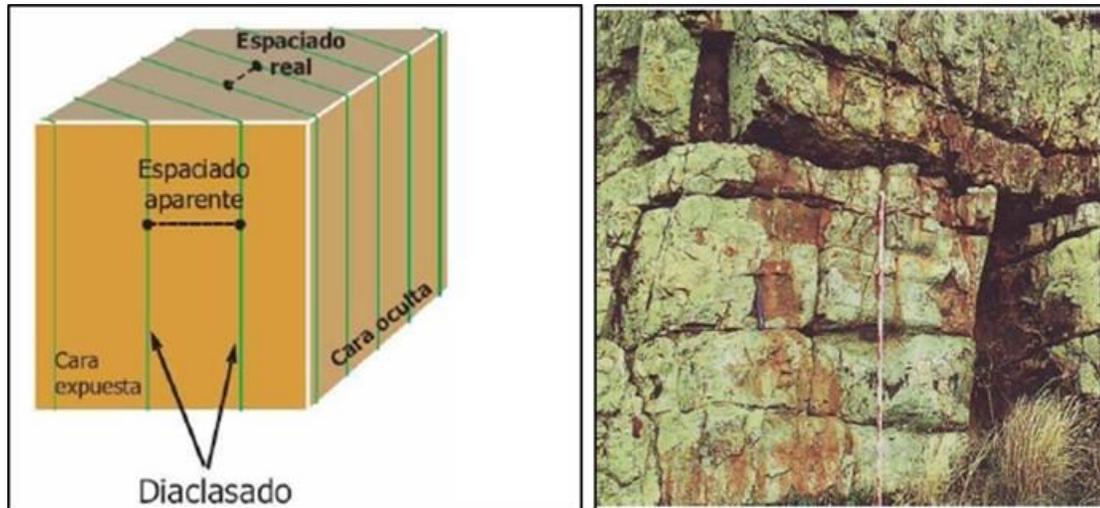


Figura 3.10 Espaciado real y aparente de las diaclasas (Pérez, 2023).

De acuerdo al espaciado entre las diaclasas existe una descripción que va desde extremadamente junto a extremadamente separado de va desde <20 mm a >6000 mm. (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Descripción del espaciado entre las diaclasas. (Pérez, 2023).

Descripción	Espaciado (mm)
Extremadamente junto	< 20
Muy junto	20 – 60
Junto	60 – 200
Moderadamente junto	200 - 600
Separado	600 – 2.000
Muy separado	2.000 – 6.000
Extremadamente separado	> 6.000

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Rumbo

Es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado, o falla, con un plano horizontal. La dirección, o rumbo, se suele expresar como el valor de un ángulo en relación con el norte. (Tarbuck, J. y Lutgens, K. 2005).

3.3.2 Buzamiento

También conocido como inclinación máxima, es el ángulo que forma el estrato con la horizontal, medido perpendicularmente al rumbo. (Heiningen, 2009).

3.3.3 Estructuras planares

Las estructuras planares son aquellas que son definidas por fabricas planares o curviplanares. En geología estructural las más importantes son la foliación y clivaje. (Van del Plujim y Marshak, 2004).

En geología estructural se emplea el termino fábrica para definir la distribución geométrica de componentes característicos en la roca. (Van der Plujim & Marshak, 2004). La fábrica puede ser lineal, planar o ambas.

Una roca tiene fabrica planar cuando contiene minerales tabulares, laminares o planos con una orientación común. Una fábrica lineal se define cuando la roca posee elementos alargados con una orientación preferencial. (Figura 3.11)

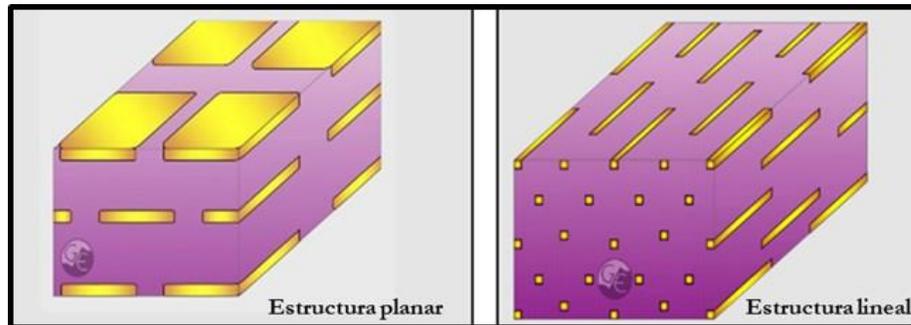


Figura 3.11 Estructuras en rocas de fábrica planar y lineal (Van der Plujim & Marshak, 2004).

3.3.4 Foliación

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

3.3.5 Sills

Es una masa tabular de roca ígnea, con frecuencia horizontal, que ha intruido 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).

3.3.6 Diques

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

3.3.7 Metamorfismo regional

El metamorfismo regional es un proceso en el que actúan tanto la temperatura como la presión. Este proceso se produce de forma muy progresiva desde la corteza a

las capas más profundas. Al ser una evolución gradual, puede clasificarse en metamorfismo de bajo grado, de medio grado o alto grado. (<https://geotecniafacil.com/rocas-metamorficas-tipos>).

3.3.7.1 Metamorfismo de presión o dinamometamorfismo

Éste se genera por una fuerte presión, pero en este caso no hay impacto, se encuentra este tipo de roca metamórfica principalmente en las cercanías de grandes fracturas (fallas) en las que ha existido un desplazamiento importante entre los bloques. Este metamorfismo produce cambios fundamentalmente en la textura debido a la fragmentación y trituración de minerales. (<https://geotecniafacil.com/rocas-metamorficas-tipos>).

3.3.8 Tipos de rocas metamórficas foliadas

Las rocas foliadas se forman cuando el protolito posee minerales de hábito planar o prismático. La textura foliada es el resultado de un incremento en la presión en los cristales lo que da lugar al reordenamiento de éstos en direcciones preferenciales de acuerdo a sus características de exfoliación o bien debido a recristalización. A nivel microscópico se puede observar que los cristales se reorganizan en direcciones preferenciales, dando como resultado una fábrica planar.

Las rocas metamórficas foliadas se caracterizan por tener formas alineadas debido a que la presión ejercida conforma los materiales en bandas paralelas. Por eso, se trata de rocas fáciles de diferenciar. La pizarra es un ejemplo de roca metamórfica foliada.

La textura es foliada o alineada, pueden ser de grano grueso, fino, homogéneas o esquistosos; otras pueden tener apariencia manchada o lavada debido a la segregación de los minerales oscuros.

Las rocas foliadas pueden clasificarse a su vez dependiendo de su estructura en las siguientes: foliadas pizarrosa, foliada esquistosa y foliada gneísica.

La foliada gneísica, es aquella roca en la que alternan bandas de colores claros y oscuros (Espinoza Elisabeth, 2017).

3.3.9 Rocas metamórficas más comunes en la zona de estudio

Existen ciertas rocas metamórficas que estamos más acostumbrados a ver, siempre dependiendo de la zona geográfica a estudiar.

3.3.9.1 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).

3.3.9.2 Migmatita

Es una roca metamórfica formada por anatexis que conserva evidencia de fusión parcial a escala microscópica a macroscópica y, generalmente, es heterogénea. Las

migmatitas representan la transición de rocas metamórficas a ígneas en el ciclo de las rocas.

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

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

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

3.3.9.3 Anfibolitas

Son rocas metamórficas compuestas esencialmente de hornblenda y plagioclasa, aunque mineralógicamente son simples y variables en textura y ocurrencia en el campo. Las anfibolitas se encuentran entre las rocas más comunes formadas por metamorfismo regional de grado moderado a alto.

La textura es foliada o alineada estas pueden ser de grano grueso, fino, homogéneas o esquistosas; otras pueden tener apariencia manchada o lavada debido a la segregación de los minerales oscuros. Las anfibolitas se forman de rocas de diversa composición entre las que destacan rocas ígneas máficas los cuales tienden a tener cantidades iguales de hornblenda y plagioclasa o de rocas ultramáficas ricas en

anfíboles altamente magnesianos también pueden contener cantidades menores de mica, cuarzo, y epidota. (Universidad de Málaga, 2013)

3.3.9.4 Cuarcita ferruginosa

La cuarcita suele ser una roca de color marrón claro, pero dependiendo de sus elementos químicos pueden adoptar distintas tonalidades. Es una roca bastante dura y resistente, y se forma principalmente a partir de cristales de cuarzo (Geotecniafacil.com, 2023).

3.3.10 Pisolita

Es una estructura geológica que se forma en rocas sedimentarias; también, llamada pisolito, consiste en pequeñas esferas o gránulos que se agrupan y cementan juntos. Estas esferas suelen tener un diámetro de menos de 2mm y están compuestas principalmente de minerales como carbonato de calcio sílice o hemetita. (Universidad de Valencia, 2013). (Figura 3.12).



Figura 3.12 Pisolitas hematíticas y fragmentos de cuarzo, sobre roca metamórfica meteorizada, fundo El Novillo, sector La Naranjita, estado Bolívar.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

Existen distintos tipos de investigación, dependiendo de la clasificación que le den los autores, pero en este caso se realizó basándose en la Metodología de la Investigación de Jacqueline Hurtado de Barrera, que se definirán a continuación:

1. Se puede caracterizar esta investigación como explicativa; “en la investigación explicativa, el investigador trata de encontrar posibles relaciones entre los eventos, respondiendo a las preguntas por qué y cómo del evento estudiado. Intenta descubrir leyes y principios y generar modelos explicativos y teorías”. (Hurtado de Barrera, J. 2001, p.116). Es de tipo explicativa porque se requiere saber qué tipos de rocas y estructuras geológicas se encontrarán en la zona, como se originaron y la relación que tienen entre sí.

2. 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.

Basado en esto, se define ésta investigación como descriptiva, ya que se establecen características geológicas y litológicas, a través de exploración en campo; obteniendo así las características sobresalientes del área.

4.2 Diseño de la investigación

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

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

De igual manera, la investigación posee un diseño documental al considerarla Balestrini (2012) como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, 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”. (p.27) Con referencia a lo anterior, esta investigación es documental, ya que se procederá a la consulta de diferentes fuentes de información escrita, bibliográfica y electrónica relacionados al equipo sinfín, que arroje luz de interpretación y conocimientos relacionados con el tema de estudio.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

Chávez (2007) explica “La población es el universo de estudio de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados, constituidas por características o estratos que le permiten distinguir los sujetos, unos de otros.

En este trabajo la población está representada por los terrenos del fundo El Novillo que cubre un área de 4 Km², donde se encuentran varios afloramientos rocosos.

4.3.2 Muestra

La muestra, según Sabino, (2013), explica que se obtiene con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”. El tipo de muestreo será a juicio de los investigadores.

La muestra de este trabajo será de aproximadamente 12 muestras de rocas, a ser recolectadas en los afloramientos de los terrenos del fundo El Novillo.

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 Procedimiento de campo

La etapa de campo consta de 2 etapas:

1. Reconocimiento del área a través de caminatas expeditivas y recorrido usando vehículo para la ubicación de las estaciones o el área de estudio, específicamente ubicada en el Fundo El Novillo, sector La Naranjita, Municipio Bolivariano Angostura, estado Bolívar, Venezuela.

2. Levantamiento de campo a través de caminatas y usando vehículo, para obtener datos de la geología, geomorfología, descripción de afloramientos y datos de las estructuras geológicas área de estudio; con la recolección de muestra de rocas que serán etiquetadas y empaquetadas.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se tienen proyectados a utilizar en el desarrollo de la investigación propuesta son los siguientes:

4.4.2.1 En el trabajo de campo

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. Cámara fotográfica.
6. Libreta de campo
7. Fundas plásticas para muestreo.
8. Escalímetro.

4.4.3.2 En el trabajo de gabinete Computador

1. Fotografías aéreas.
2. Graficación tradicional: graduador, compas, hojas de papel milimetrado A4, hojas de Papel Ingeniero A4.
3. Imágenes satelitales de Google Earth.
4. Hojas cartográficas escala 1:1000.000 y 1:25.000
5. Mapa geológico del estado Bolívar.

4.5 Flujograma de la investigación

En la figura 4.1 se muestra el flujograma de la investigación. En esa figura se establecen las diferentes etapas del proyecto que: Planificación del trabajo de campo, reconocimiento del área, etapa de campo, etapa de oficina.

4.5.1 Planificación del trabajo de campo

Esta etapa constituye el inicio de la investigación y es de vital importancia. Para la selección del área se tomaron varios aspectos, la ubicación del área y que hubiera vías de acceso, que estuviera relativa cerca de Ciudad Bolívar debido a los costos del traslado, la seguridad del área en cuanto a maleantes, la disponibilidad de información cartográfica y bibliográfica; posteriormente se planificó el reconocimiento de la zona y establecer los requerimientos y el tiempo para el trabajo de campo.

4.5.1.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Para la elaboración de esta investigación se revisaron fuentes bibliográficas sobre la geología regional y la geomorfología de la zona de estudio; así como, las metodologías a utilizar en el procesamiento de los datos de campo, en la clasificación

de las rocas metamórficas, sobre las estructuras geológicas en las rocas metamórficas, la elaboración de las rosetas con datos de las estructuras. La información se obtuvo de la revisión de material bibliográfico como: tesis, textos, páginas web e informes técnicos sobre temas geológicos.

Para este trabajo se revisó e interpretó el material cartográfico a escala 1:100.000, específicamente la Hoja cartográfica 7538 (Ciudad Piar) de Cartografía Nacional del año 1971, los mapas geológicos y geomorfológicos de la hoja NB-20-2, a escala 1:250.000 de CVG -Tecmin, (1991) y las imágenes satelitales de Google Earth.

4.5.1.2 Reconocimiento del área

Consistió en realizar un recorrido de la zona realizando caminatas y recorrido con un vehículo para conocer las vías de acceso al área, ubicar las estaciones de trabajo y anotar las características sobre la zona de estudio y toma de fotografías del paisaje, que permitió posteriormente realizar el levantamiento de campo.

En esta fase se establecieron 13 estaciones de trabajo en afloramientos del Complejo de Imataca.

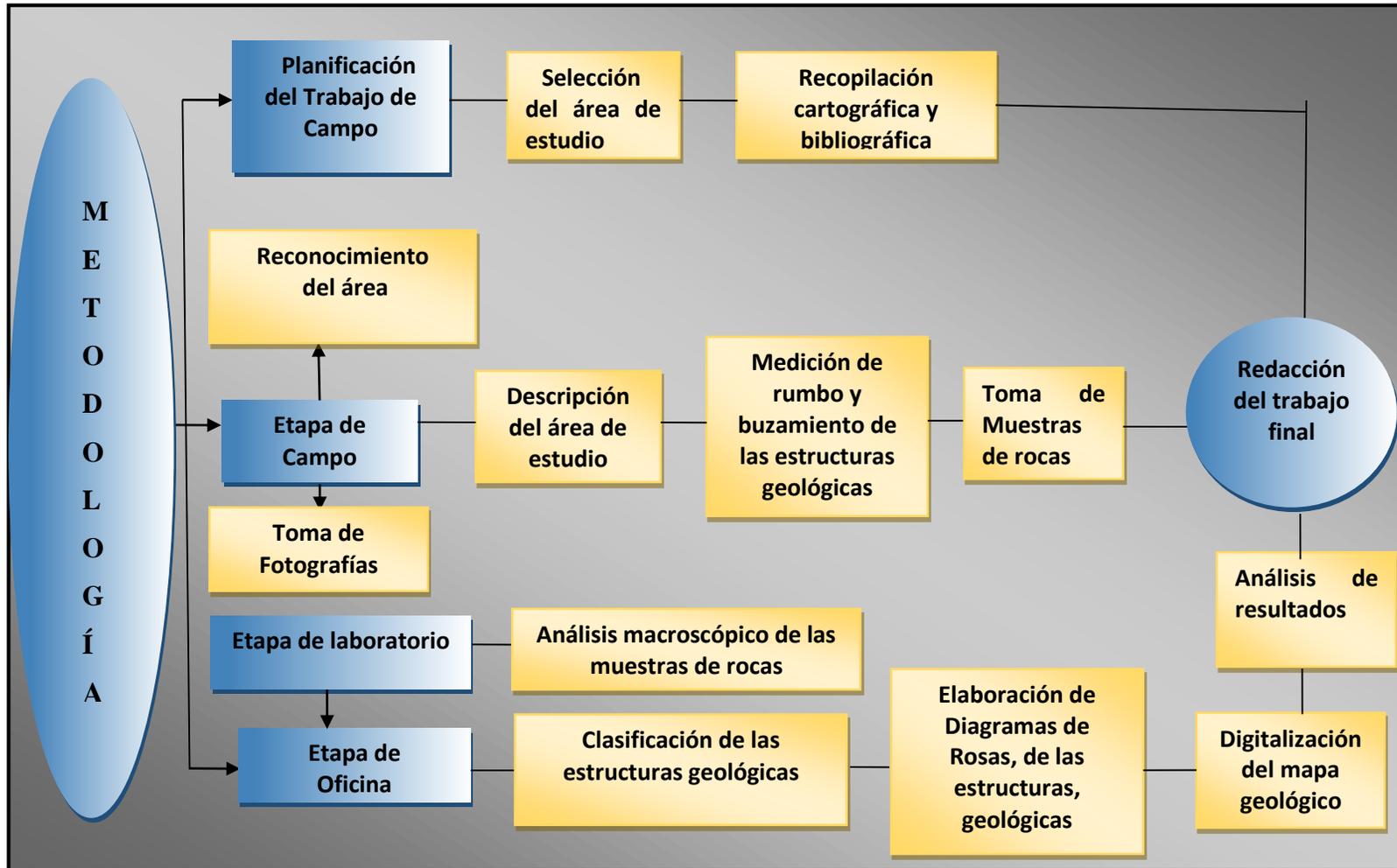


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.5.2 Etapa de campo

Los pasos para esta actividad fueron:

- 1) Determinación de las coordenadas U.T.M de cada una de las estaciones.
- 2) Descripción de los afloramientos rocosos y recolección de muestras.
- 3) Medición de rumbo y buzamiento de las estructuras tales como, foliación, diaclasas y zonas de cizalla.
- 4) Medición del espaciado entre las diaclasas.
- 5) Etiquetado de las muestras de rocas, identificadas con el número de la estación, y las coordenadas.
- 6) Tomas de fotografías de los detalles geológicos, de las muestras y del paisaje de los sitios de trabajo.

En la figura 4.2 se muestra la actividad de medición en campo.

4.5.3 Etapa de laboratorio

4.5.3.1 Análisis macroscópico de las muestras de rocas

Se analizar 5 muestras de roca, a las cuales se les determinó el porcentaje de los minerales, utilizan una lupa con aumento 10X.



Figura 4.2 Medición de rumbos de las estructuras, identificación de las estaciones y las muestras.

4.5.4 Etapa de oficina

4.5.4.1 Clasificación de las estructuras geológicas

Con los datos de rumbos de las diaclasas y los ángulos entre ellas, se determinaron los tipos de acuerdo a la geometría, se establecieron las familias y sistemas de diaclasas, y los tipos de planos que prestan; y con los datos de espaciamiento se describió la densidad de diaclasamiento.

4.5.4.2 Elaboración de los diagramas de rosas

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

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

En la ventana de la derecha se selecciona New DataSet y colocar el nombre del proyecto, en la parte de abajo de esa ventana seleccionar Add Datum para escribir cada dato copiando el azimut y el nombre de la línea a trazar en el diagrama. Para borrar algún dato se selecciona y se hace clic en Delete. (Figuras 4.3, 4.4 y 4.5).

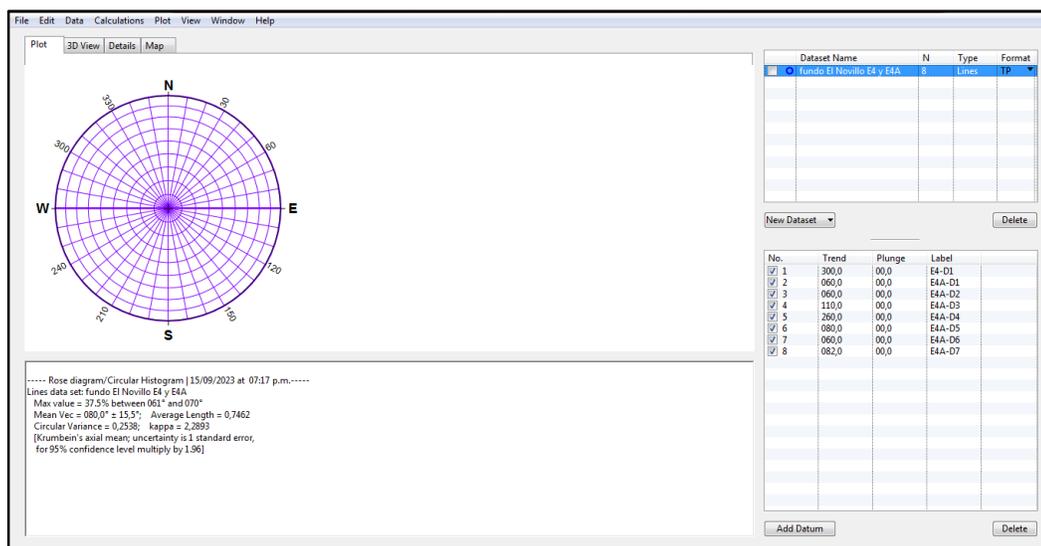


Figura 4.3 Ventana del software Stereonet, para cargar los datos iniciales.

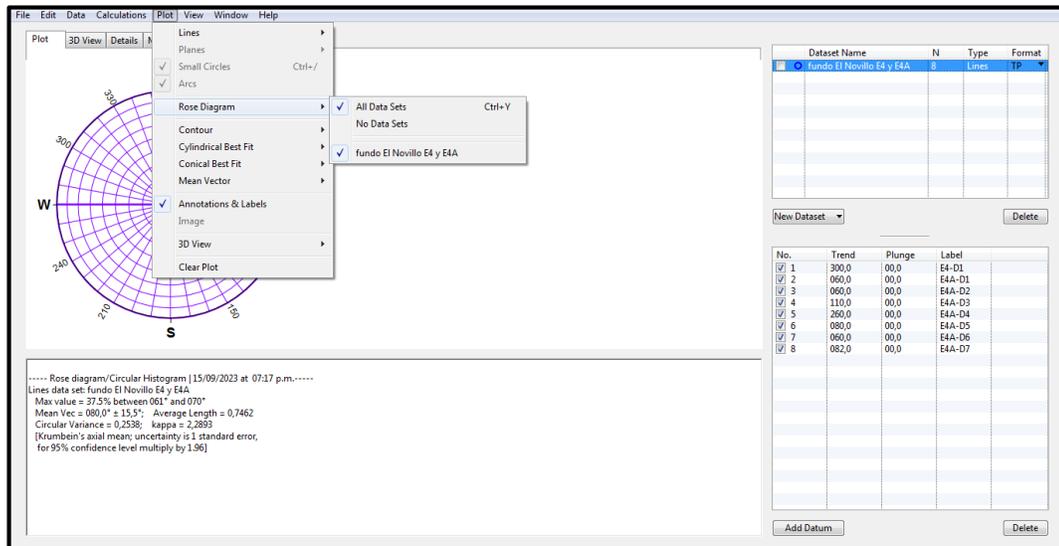


Figura 4.4 Ventana de la izquierda de software Streeonet, para activar la generación del Diagrama de Rosa, en la pestaña “Rose Diagram”.

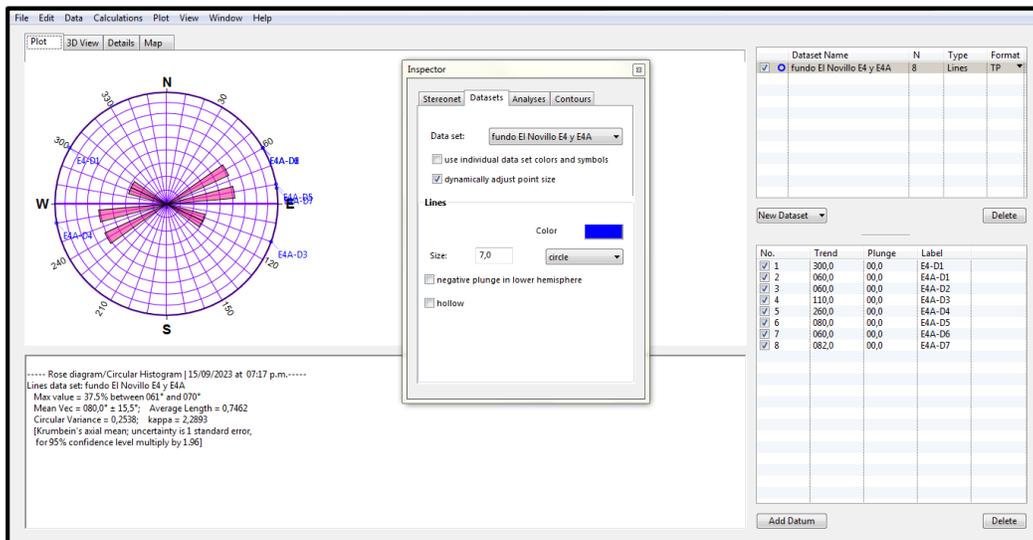


Figura 4.5 Ventana de la izquierda de software Streeonet, con la generación del “Diagrama de Rosa” con las etiquetas de los datos.

4.5.4.3 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 utilización la aplicación de PowerPoint del Office 20016 y AutoCAD 2008. En este mapa se colocó como información marginal: la ubicación relativa del área, la leyenda de la litología, las escalas gráfica y numérica, y los símbolos geológicos.

4.5.4.8 Redacción del informe final

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

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Características de unidades geológicas del área del fundo Los Novillos

En la zona de estudios se distinguieron 2 unidades geológicas, que son el Complejo de Imataca y suelos residuales del Complejo de Imataca.

El Complejo de Imataca en la zona de estudio se presenta en grandes bloques dispersos en las penillanuras, y en el cauce de la quebrada Los Novillos; se caracteriza litológicamente por migmatitas de color rosado y gris, con pliegues de flujo, con bandas de anfibolitas negro verdoso, y diques de pegmatitas de 1,5 a 3 cm de espesor, gneises anfibólicos de grano medio a fino, gris oscuro, con diques de pegmatita de 12 a 15 cm de espesor, y gneises graníticos, de color rosado, de grano fino. Todas las rocas presentan diaclasas verticales, planas, con una configuración geométrica de los tipos ortogonales y conjugadas (Figura 5.1).

Los suelos residuales de Imataca, se caracterizan por ser arcillosos de color rojo medio, con una cobertura de cuarzo flotante, en su mayoría de tipo lechoso, con fragmentos angulosos, desde 1 cm hasta 20 cm, que cubren de grandes extensiones; además se encuentran concreciones ferruginosas (pisolitas) y bloques de rocas meteorizadas (Figura 5.2).



Figura 5.1 Afloramientos del Complejo de Imataca, sector fundo El Novillo.



Figura 5.2 Suelos residuales del área de estudio.

5.2 Descripción de las estaciones de trabajo

En la zona de estudio se establecieron 13 estaciones de trabajo, que se presentan en el mapa de la figura 5.3; y en la tabla 5.1 las coordenadas U.T.M de cada estación.

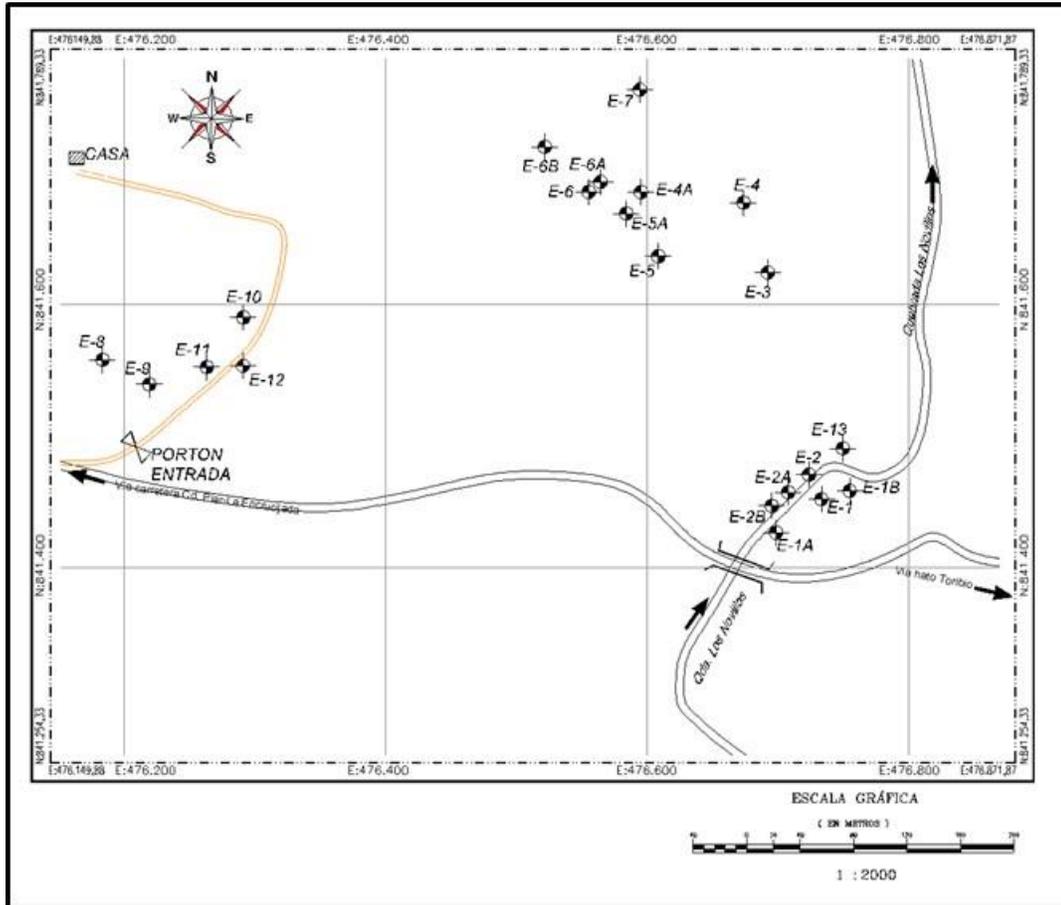


Figura 5.3 Mapa con las estaciones de trabajo.

Tabla 5.1 Coordenadas U.T.M. de las estaciones, Huso 20, datum La Canoa.

COORDENADAS UBICACIÓN DE ESTACIONES			COORDENADAS UBICACIÓN DE ESTACIONES		
ESTACIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)	ESTACIÓN	NORTE (m)	ESTE (m)
E1	841452.00	476727.00	E6	841682.32	476552.87
E1-A	841427.00	476693.00	E6-A	841689.81	476561.54
E1-B	841458.25	476748.21	E6-B	841716.00	476520.00
E2	841470.32	476717.60	E7	841759.00	476591.00
E2-A	841457.18	476702.18	E8	841556.43	476189.00
E2-B	841447.00	476689.82	E9	841538.00	476224.00
E3	841621.84	476686.93	E10	841588.14	476294.42
E4	841674.22	476668.73	E11	841551.00	476267.00
E4A	841682.00	476592.00	E12	841552.00	476294.00
E5	841634.00	476605.00	E13	841490.00	476743.00
E5A	841666.00	476581.00			

5.2.1 Estación E1

Esta estación está ubicada en la margen izquierda de la quebrada Los Novillos, al SE del área, y se encuentran migmatitas de color rosado y gris, con pliegues de flujo y bandas de anfibolitas de color negro verdoso, y diques de pegmatitas de 1,5 cm de espesor. (Figura 5.3 y 5.4).



Figura 5.3 Migmatitas con pliegues y anfibolitas, en E1.

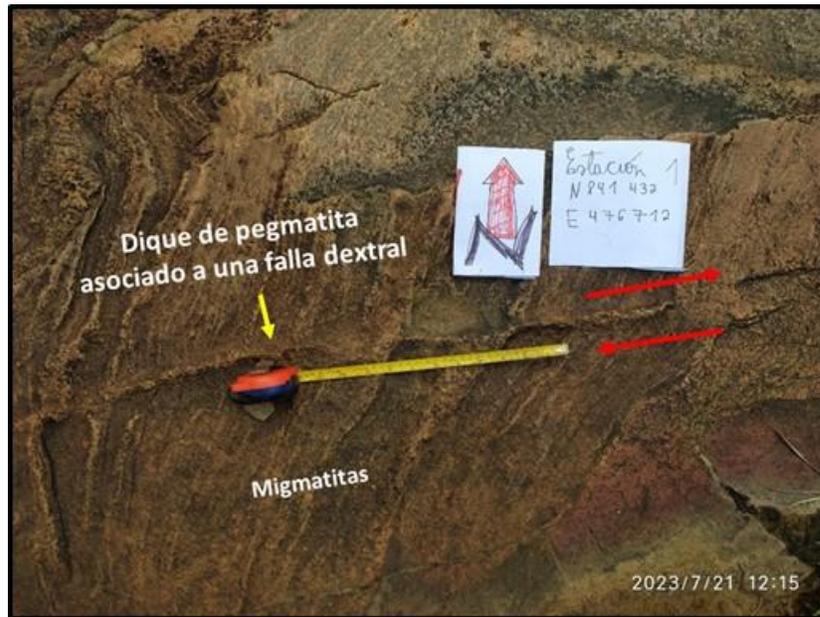


Figura 5.4 Dique de pegmatita en migmatita, en la estación 1.

5.2.2 Estación E1-A

Esta subestación está al SW de E1, y se encuentran también migmatitas de color rosado y gris con pliegues de flujo y bandas de anfibolitas, y diques de pegmatitas de 1,5 cm de espesor, y un sistema de diaclasas verticales conjugadas. (Figura 5.5).

5.2.3 Estación E1-B

Esta subestación se encuentra al NE de E1, y también hay migmatitas de color rosado y gris, con banda de anfibolita y una zona de cizalla, y presentan foliación con rumbo este franco y buzamiento de $25^{\circ}W$, y dique de pegmatita, de 1,5 cm de espesor, asociado a una falla dextral y falla dextral con plegamiento asociado (Figura 5.6 y 5.7).



Figura 5.5 Migmatitas con diaclasas conjugadas.

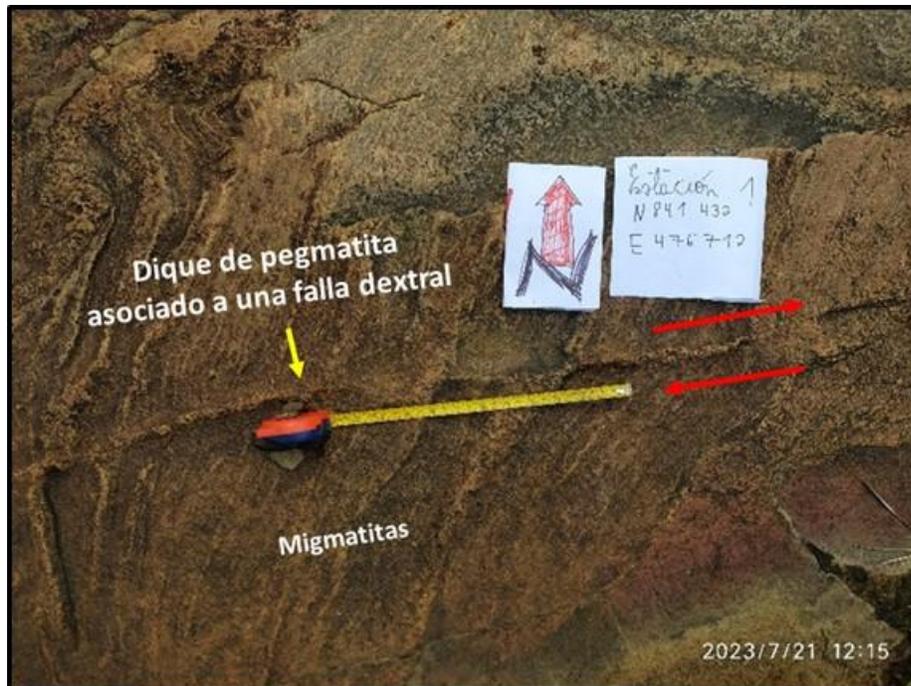


Figura 5.6 Migmatitas con dique de pegmatita asociado a falla dextral.



Figura 5.7 Falla dextral con plegamiento asociado.

5.2.4 Estaciones E2, E-A y E2-B

Esta estación está ubicada en la margen derecha de la quebrada Los Novillos, hacia el SE del área, y se encuentran migmatitas de color rosado y gris con pliegues de flujo, con diaclasas paralelas inclinadas, paralelas verticales y porfiroblastos de cola asociados a zona de cizalla, con foliación rumbo $N80^{\circ}W$ y buzamiento $42^{\circ} SW$. (Figura 5.8).



Figura 5.8 Migmatitas con pliegues de flujo y diaclasas paralelas.

5.2.5 Estación E3

Esta estación está ubicada hacia el SE del área, donde se encuentran migmatitas de color rosado y gris con pliegues de flujo con bandas de anfibolitas, rodeadas de suelo residual cubierto por fragmentos de cuarzo angulosos, de 1 a 20 cm de diámetro y escasos bloques de roca meteorizada; con foliación subvertical y rumbo S80°E. (Figura 5.9).



Figura 5.9 Afloramiento de la estación E3.

5.2.6 Estación E4

Esta estación está ubicada hacia el norte del área, donde se encuentran migmatitas de color rosado y gris con pliegues de flujo, con dique de cuarzo. (Figura 5.10).



Figura 5.10 Migmatita rosadas y gris, con pliegues de flujo, con dique de cuarzo, en la estación E4.

5.2.7 Estaciones E5 y E5-A

Esta estación está ubicada hacia el norte del área de estudio, donde se encuentran gneises anfibólicos, negro verdoso, muy cizallados y meteorizados, con diques pegmatíticos de 15 a 12 cm de espesor, y foliación con rumbo $N65^{\circ}W$ en la estación E5 y con foliación de rumbo $N 23^{\circ} E$ en la estación E5-A al NW de E5. (Figura 5.11).



Figura 5.11 Gneis anfibólico de la estación E5 y E5-A.

5.2.8 Estaciones E6, E6-A y E6-B

Esta estación está ubicada hacia el norte del área de estudio, donde se encuentran gneises graníticos, de color rosado, de grano fino, en bloques dispersos de gran tamaño, que van desde cerca de un metro hasta 3 metros, redondeados, con

meteorización esferoidal; producto del diaclasamiento, las diaclasas son ortogonales y oblicuas, verticales (Figura 5.12).

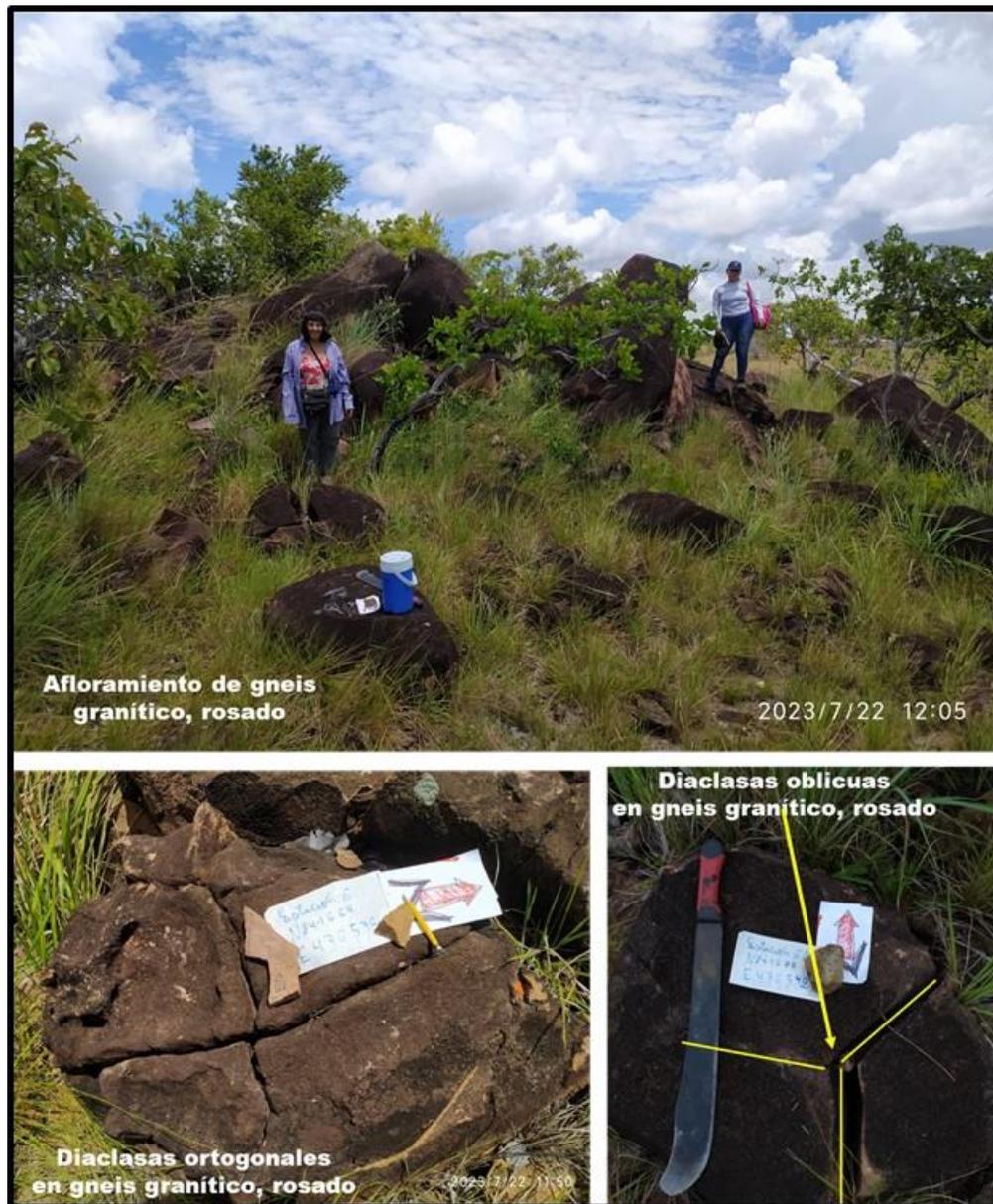


Figura 5.12 Afloramiento de gneises graníticos rosados, la estación E6.

5.2.9 Estación E7

Esta estación está ubicada hacia al norte de la estación 6, donde se encuentran gneises graníticos, de color rosado, de grano fino, en bloques dispersos en una loma, redondeados, con meteorización esferoidal, de gran tamaño, que van desde menos de 1 m hasta 3 metros, con diaclasas ortogonales verticales, y zona de cizalla, con rumbo $N52^{\circ}W$ y ancho de 2,5 m, y foliación vertical de rumbo este franco. (Figura 5.13 y 5.14).



Figura 5.13 Afloramiento de gneises graníticos rosados, de la estación E7.



Figura 5.14 Gneises graníticos rosados, de E7.

5.2.10 Estaciones E8, E9, E10, E11 y E12

Estas estaciones se encuentran al suroeste del área de estudio, que se caracterizan por migmatitas de colores rosado y gris, con pliegues de flujo. Están en afloramientos muy cercanos, separados por la trilla o carretera engrazonada, que llega hasta la casa del fundo El Novillo. En el caso de las estaciones 8, 9, 10 y 11 están al oeste de la carretera y la estación 12 al este. Las variaciones observadas son que en la estación 9 se presentan bandas de anfibolitas y diques de pegmatitas de 1,5 cm de espesor. Los afloramientos son cuerpos rocosos aislados y rodeados por suelos residuales con fragmentos angulosos de cuarzo y pisolitas. (Figura 5.15, 5.16 y 5.17).



Figura 5.15 Afloramientos de migmatitas en las estaciones E8 y E9.



Figura 5.16 Suelos residuales entre los afloramientos de migmatitas de la estación E9 y E10.

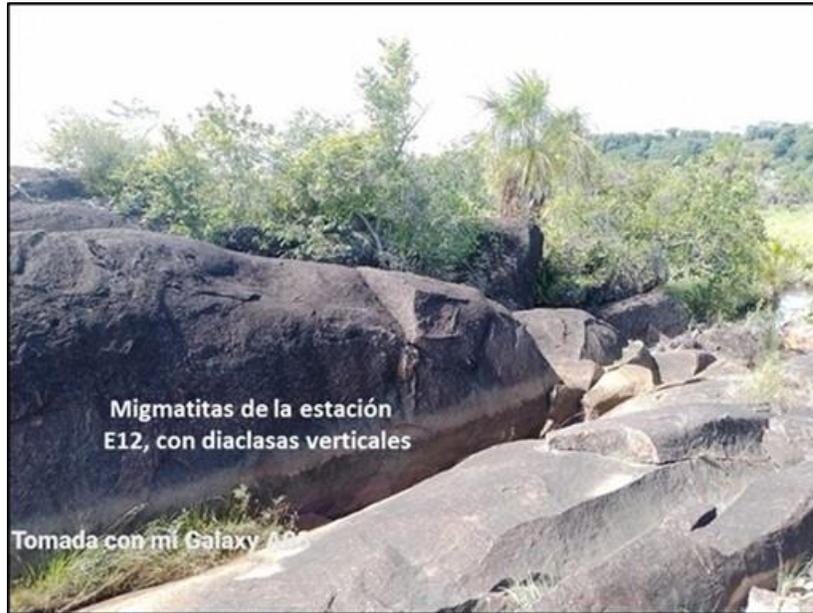


Figura 5.17 Afloramientos de migmatitas en la estación E12.

5.2.11 Estación E13

Esta estación está ubicada hacia el norte de la quebrada Los Novillos, al este del área de estudio, donde se encuentran migmatitas de color rosado y gris con pliegues de flujo y bandas de anfibolita negra verdosa con fracturas por cizallamiento, con diaclasas radiales y zonas de cizallas (Figura 5.18, 5.19 y 5.20).



Figura 5.18 Afloramientos de migmatitas en la estación E13.

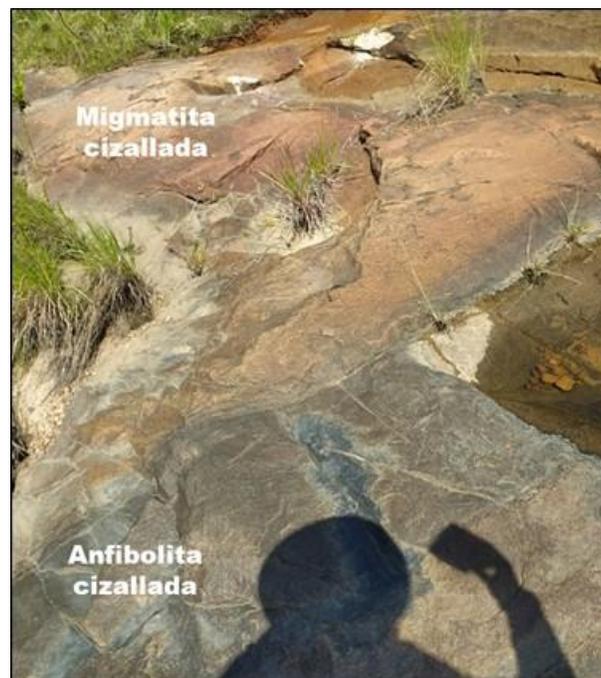


Figura 5.19 Migmatitas y anfibolitas cizalladas en la estación E13.

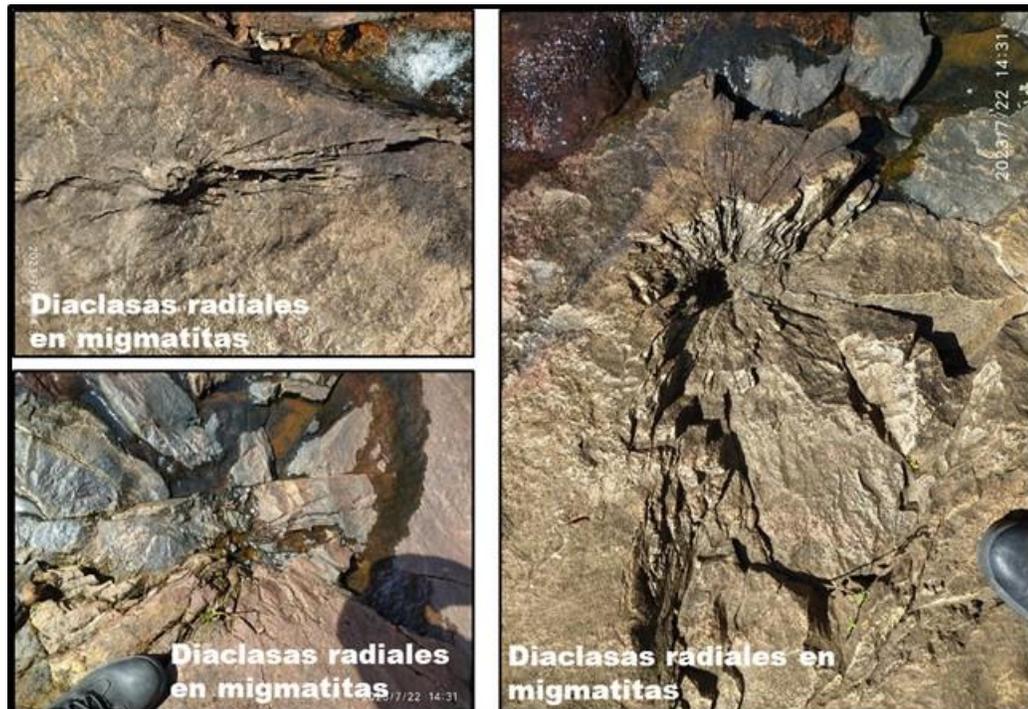


Figura 5.20 Diaclasas radiales en migmatitas, en la estación E13.

5.3 Clasificación mineralógica de las muestras de rocas

En la figura 5.21 se presentan las imágenes de las muestras recolectadas en campo.

5.3.1 Composición mineralógica macroscópica de las rocas - fundo El Novillo

De las muestras de las 13 estaciones se analizaron macroscópicamente con la lupa con aumento 10X 5 muestras. (Figura 5.22).



Figuro 5.21 Muestras de rocas de las estaciones E1, E3, E5, E6, y E7.



Figuro 5.22 Muestras de rocas de las estaciones E1, E3, E5, E6, y E7.

Las migmatitas (muestra E1), es feldespato potásico (~55-40%), cuarzo (~30-25%), granudo, plagioclasa (~15-10%). son rocas duras, heterogéneas, de grano fino a medio, orientado y de color que van del rosado oscuro con tonos grises. A la lupa se observa una textura granoblástica. El mineral más abundante

El gneis anfibólico (muestra E3 y E5), es una roca foliada de color gris oscuro y gris claro, de grano medio a fino. El mineral más abundante es plagioclasa (~25-40%), cuarzo (~30-25%), granado, hornblenda (~20- 25%).

Gneis granítico (muestra E6 y E7), roca dura, de grano fino, color rosado, débil foliación. El mineral más abundante es microclino (~25-45%), cuarzo (~30-25%) y plagioclasa (~20- 15%).

5.4 Clasificación de las estructuras geológicas con datos de campo

5.4.1 Resultados de los datos de las foliaciones

En la tabla 5.2 se presentan los datos de campo de la foliación, que se utilizaron para elaborar el diagrama de roseta.

Del análisis del diagrama de roseta de las foliaciones, se determinó que en la zona de estudio se presenta una foliación con un azimut entre 0° y 23° , en las estaciones E4, E5 y E6, donde se encuentran gneises, en el centro del área de estudio; y en cambio en las estaciones E3, E7 y E2-A el azimut de la foliación varía entre 80° y 100° , las cuales se encuentran: la primera (E3) en la parte sur central y las otras dos (E7 y E2-A), están más al norte del área de estudio; y por último se tiene un valor de azimut de 62° al suroeste de zona en E12 y un valor 295° en (E5-A, ubicada en la parte central). En general hay 2 sectores de foliaciones, el primero entre 0° y 23° y el segundo entre 62° y 115° , este último valor es equivalente a 295° de azimut (Figura 5.23).

Tabla 5.2 Datos de rumbo y azimut de las foliaciones.

ESTACIÓN	FOLIACIÓN	
	RUMBO	AZIMUT
E2-A	N80°E	80 ⁰
E3	S80°E	100 ⁰
E4	N8°E	8 ⁰
E5	N23°E	23 ⁰
E5-A	N65°W	295 ⁰
E6	0°	0 ⁰
E7	Este franco	90 ⁰
E12	N62°E	62 ⁰

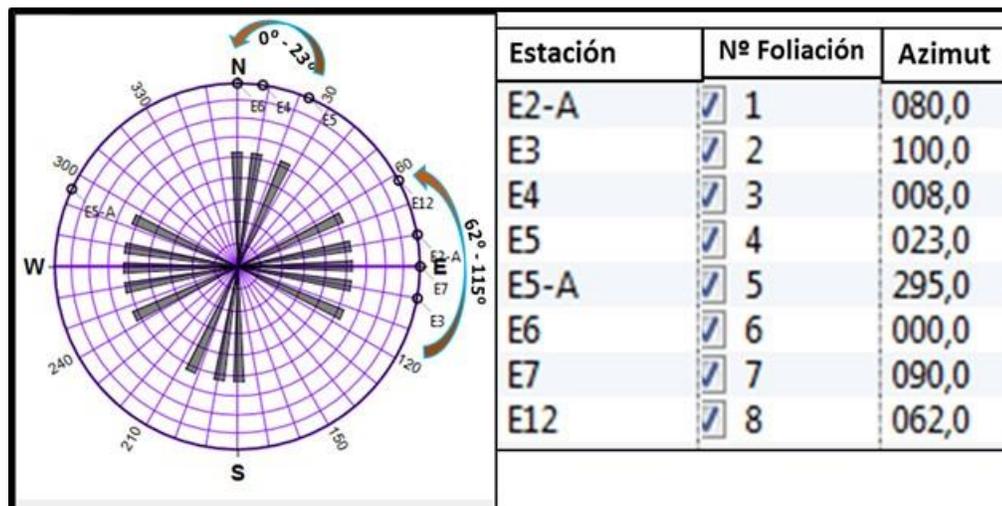


Figura 5.23 Diagrama de rosetas de las foliaciones.

5.4.2 Resultados de los datos de las diaclasas

Los datos de rumbo y azimut de las diaclasas que se utilizaron para elaborar los diagramas de roseta, se presentan en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Datos de rumbo y azimut de las diaclasas.

ESTACIÓN	Diaclasas	Rumbo	AZIMUT	ESTACIÓN	Diaclasas	Rumbo	AZIMUT
E1	D1	N40°E	40°	E4-A	D4	S80°W	260°
	D2	Este franco	90°		D5	N80°E	80°
E1-A	D1	N82°E	82°		D6	N60°E	60°
	D2	S60°E	120°		D7	N82°E	82°
	D3	S40°E	140°	D8	N82°S	98°	
	D4	N85°E	85°	E5	D1	N35°E	35°
	D5	N82°E	82°		D2	N48°W	312°
	D6	S45°E	135°		D3	N80°W	280°
	D7	S68°E	112°	E6	D1	N59°E	59°
	D8	N75°E	75°		D2	N41°W	319°
	D9	Este franco	90°		D3	Este franco	90°
	D10	S65°E	115°	E6-A	D1	N71°E	71°
	D11	S30°E	150°		D2	N30°W	330°
	D12	N85°E	85°		D3	N80°E	80°
	D13	N85°E	85°	E6-B	D4	N30°W	330°
	D14	S85°W	265°		D5	N80°E	80°
E2	D2-1	Este franco	90°	E7	D1	N58°E	58°
	D2-2		90°		D2	N32°W	328°
	D2-3		90°	E11	D1	N53°E	53°
E4	D1	N60°W	300°		D2	N10°E	10°
E4-A	D2	N60°E	60°	E12	D1	N62°E	62°
	D3	S70°E	110°		D2	N30°W	330°

El diagrama de roseta con todos los datos de campo, en azimut, fueron representados usando la aplicación de “stereonet”, donde se observan 3 grandes sectores de direcciones predominantes en el área de estudio de 0° a 40°, de 55° a 110° y de 120° a 150°; es de hacer notar los datos de campo fueron rumbos que son bidireccionales, convertidos en valores de azimut. (Figura 5.24).

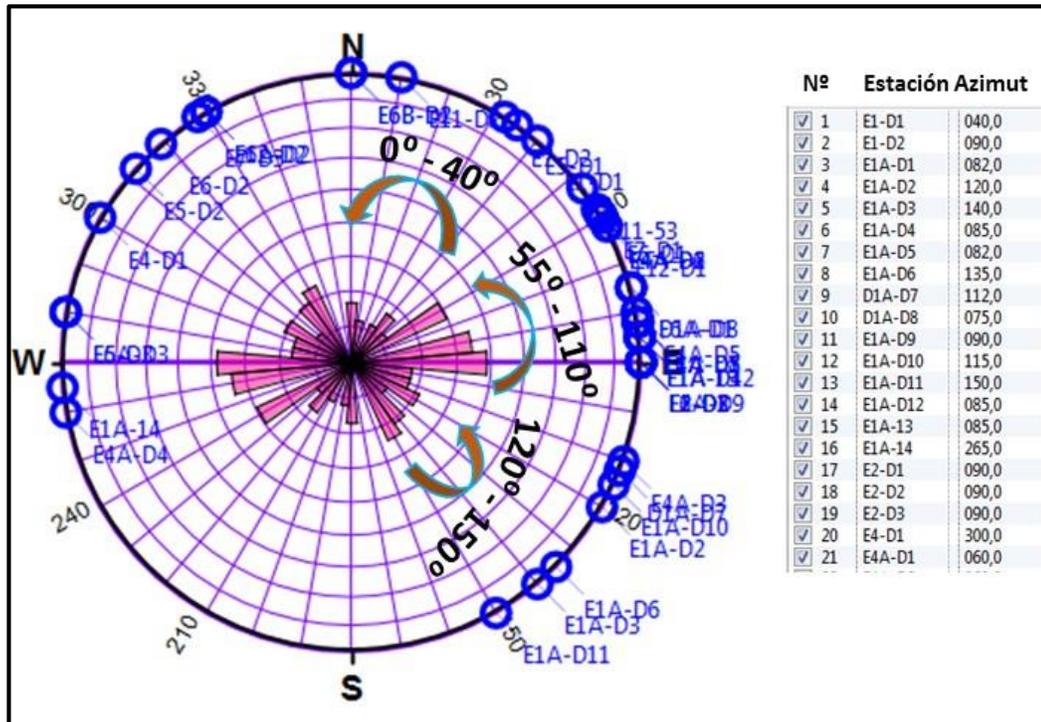


Figura 5.24 Diagrama de rosetas de las diaclasas del fundo El Novillo.

5.2.4.1 Diagrama de roseta de las estaciones E1 y E1-A y E2

En la figura 5.25 se presentan los diagramas de roseta de las estaciones E1 y E1-A, las cuales se encuentran separadas por unos 10 metros, y se encuentran en la margen izquierda de la quebrada Los Novillos. Del análisis de los datos se observa que existen en ambas estaciones diaclasas conjugadas, con ángulos entre ellas de 50° para E1 y de 35° a 75° para E1-A.

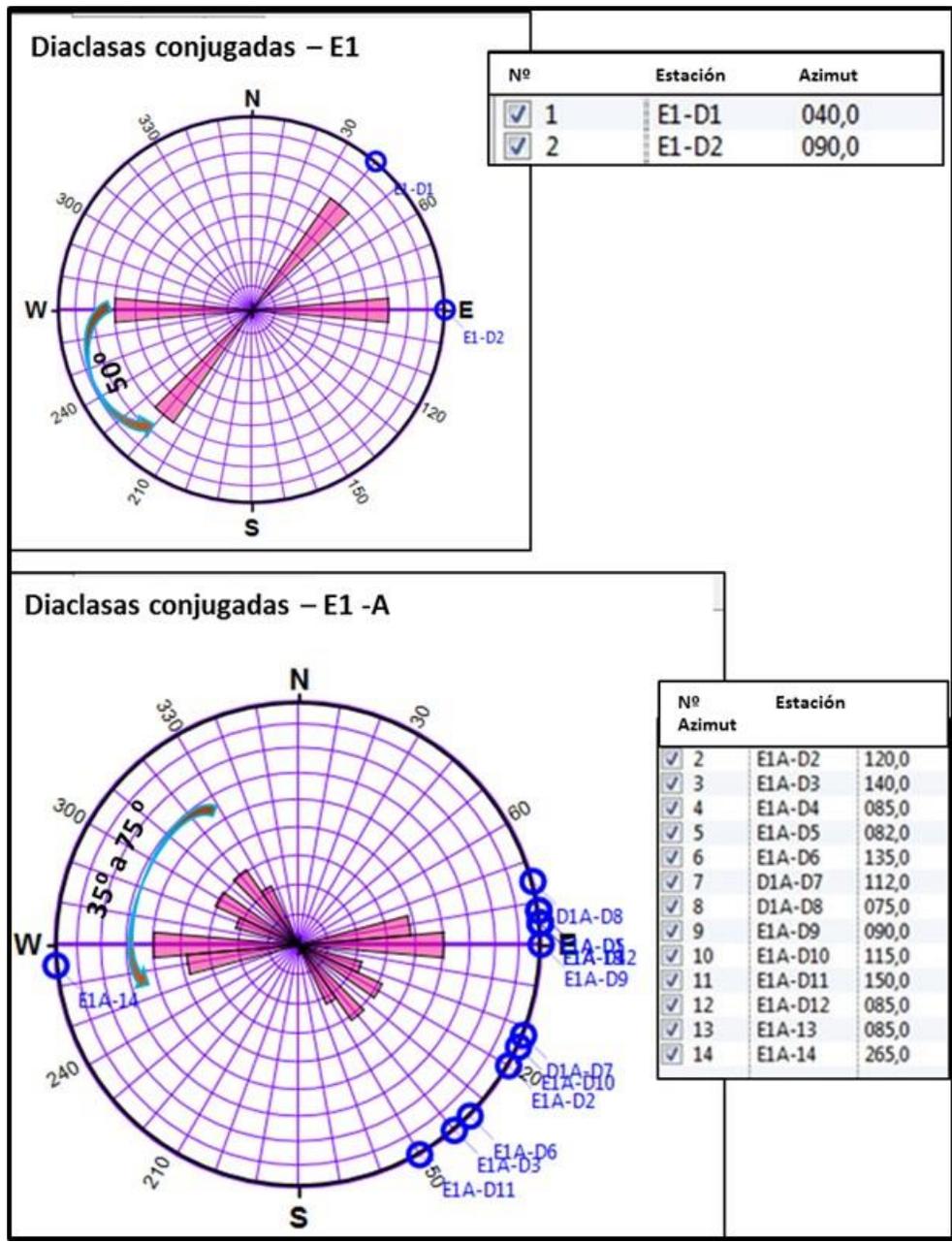


Figura 5.25 Diagrama de roseta de las diaclasas de las estaciones E1 y E1-A.

5.2.4.2 Diagrama de roseta de las estaciones E2

En la figura 5.26 se presenta el diagrama de roseta de la estación E2, la cual se encuentra separada de E1 por unos 10 metros, y se encuentra en la margen derecha de la quebrada Los Novillos. Del análisis de los datos se observa que existen diaclasas paralelas con azimut de 90° .

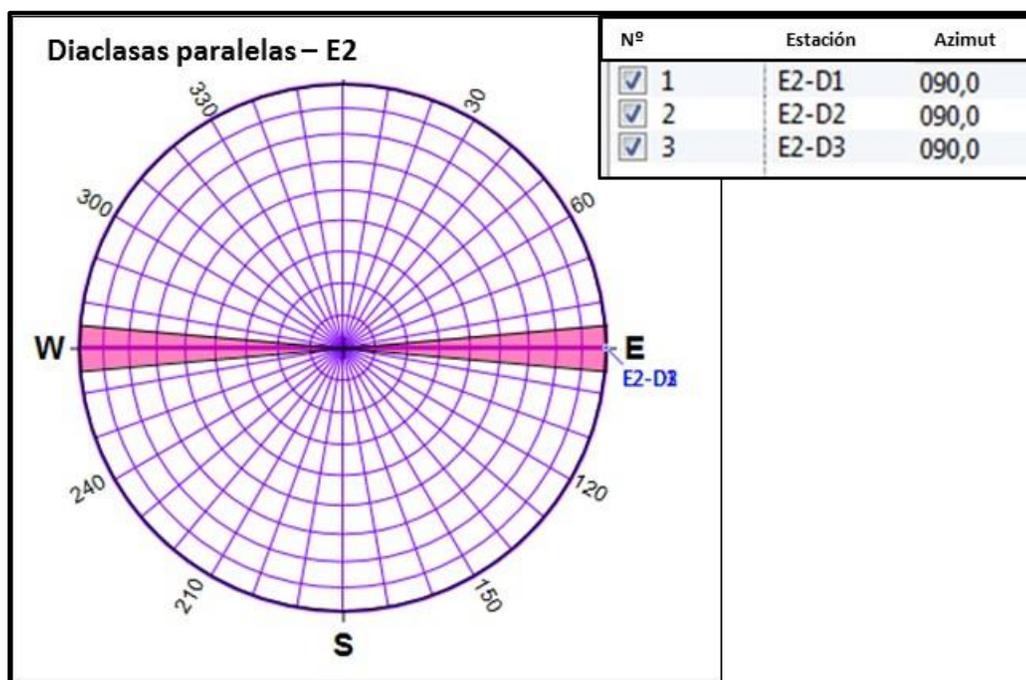


Figura 5.26 Diagrama de roseta de las diaclasas de las estaciones E2.

5.2.4.3 Diagrama de roseta de las estaciones E5 y E5-A

En la figura 5.27 se presentan los diagramas de roseta de las estaciones E5 y E5-A, las cuales se encuentran separadas por unos 20 metros, se encuentran en el mismo afloramiento al noreste del área de estudio. Del análisis de los datos se observa que existen 2 sectores predominantes uno entre valores de azimut de 80° y 90° y el otro

entre 120° y 150° ; con ángulos entre ellos de 80° y 83° , que las clasifican en sub ortogonales.

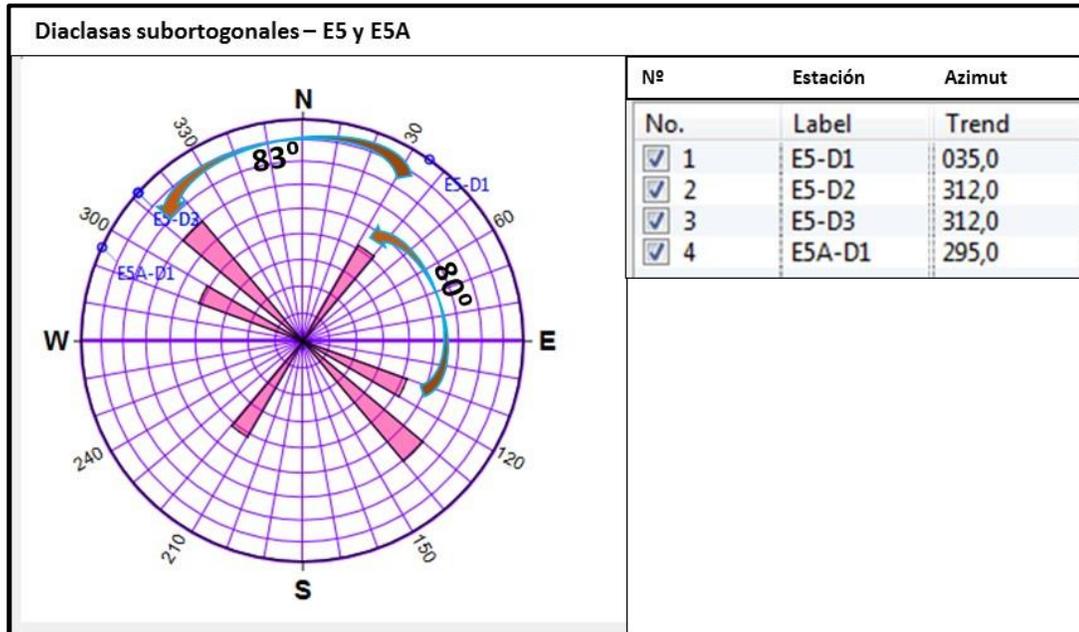


Figura 5.27 Diagramas de roseta de las diaclasas de las estaciones E5 y E5-A.

5.2.4.4 Diagrama de roseta de las estaciones E6 y E6-A

En la figura 5.28 se presentan los diagramas de roseta de las estaciones E6 y E6-A, las cuales se encuentran separadas por unos 10 metros, y se encuentran en la parte central este del área de estudio. Del análisis de los datos se observa que existen en ambas estaciones diaclasas conjugadas, con ángulos entre ellas de 50° y 75° .

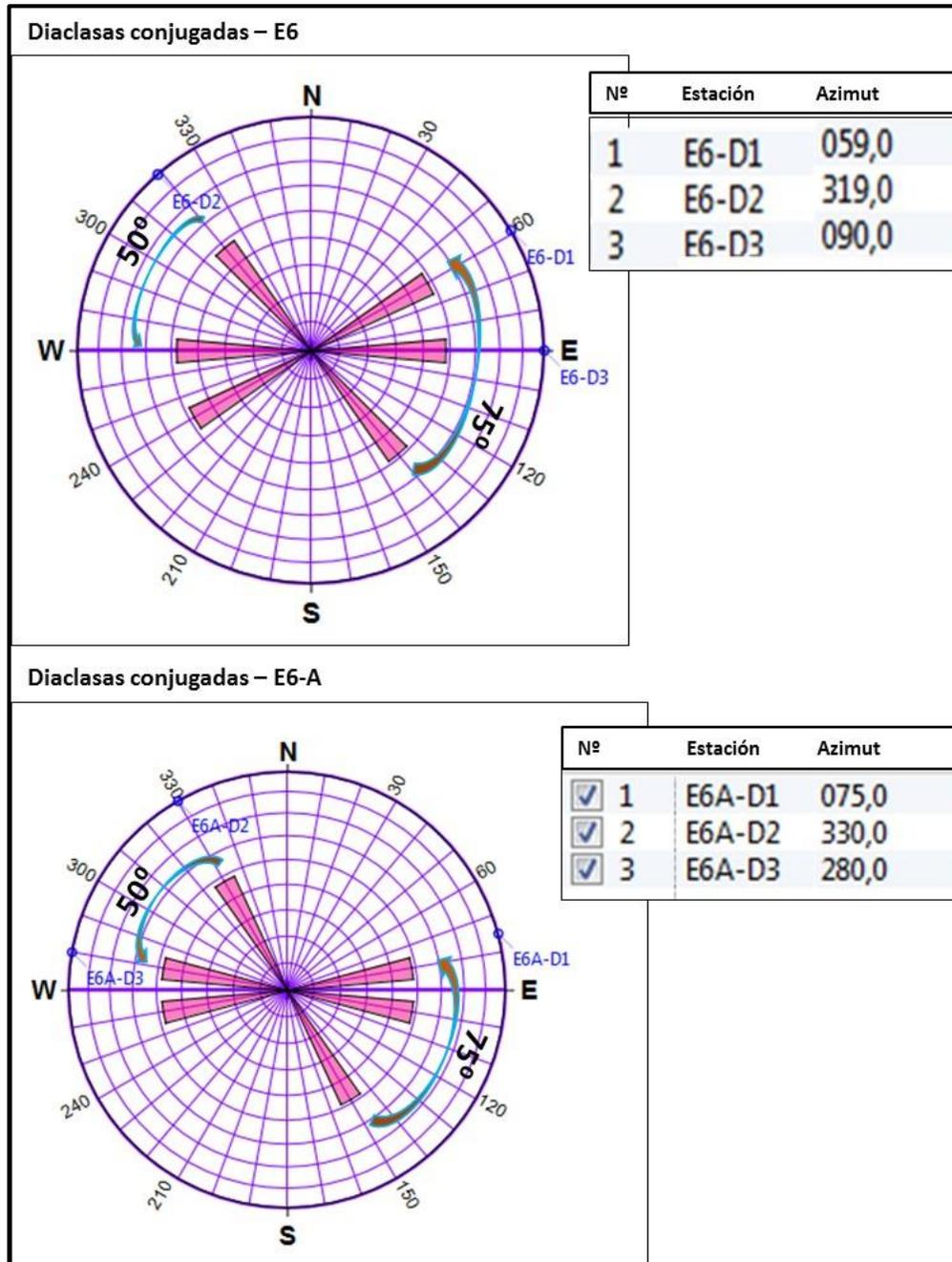


Figura 5.28 Diagramas de roseta de las diaclasas de las estaciones E6 y E6-A.

5.2.4.5 Diagrama de roseta de las estaciones E7

En la figura 5.29 se presenta el diagrama de roseta de la estación E7, ubicada en la parte norte del área de estudio. Del análisis de los datos se observa que existen diaclasas ortogonales, con azimut de 328° y 58° .

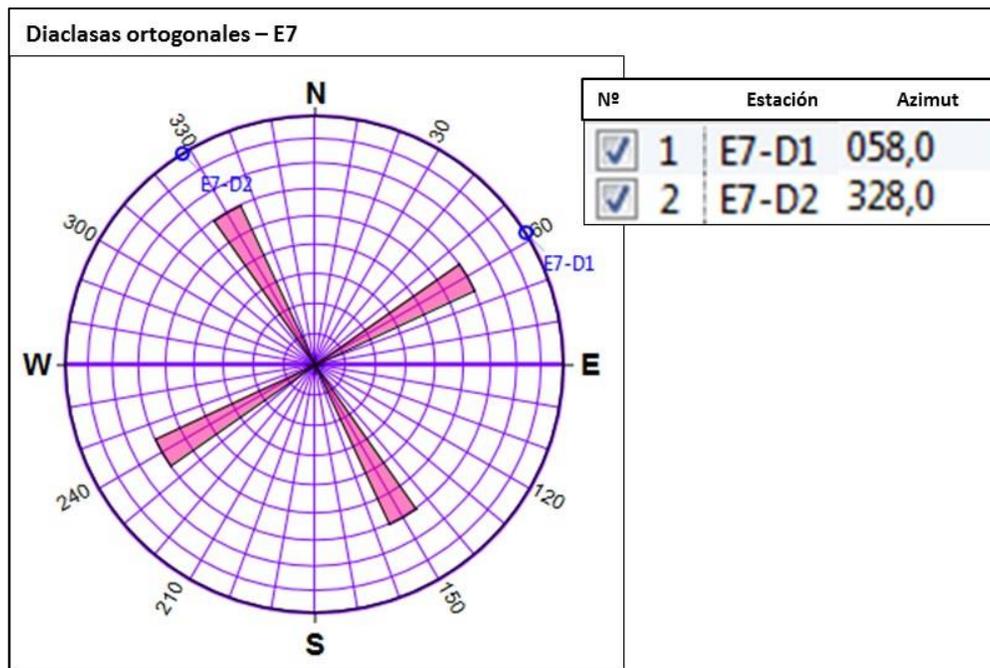


Figura 5.29 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estación E7.

5.2.4.6 Diagrama de roseta de las estaciones E12

En la figura 5.30 se presenta el diagrama de roseta de la estación E12, ubicada en la parte oeste del área de estudio. Del análisis de los datos se observa que existen diaclasas ortogonales, con azimut de 62° y 330° .

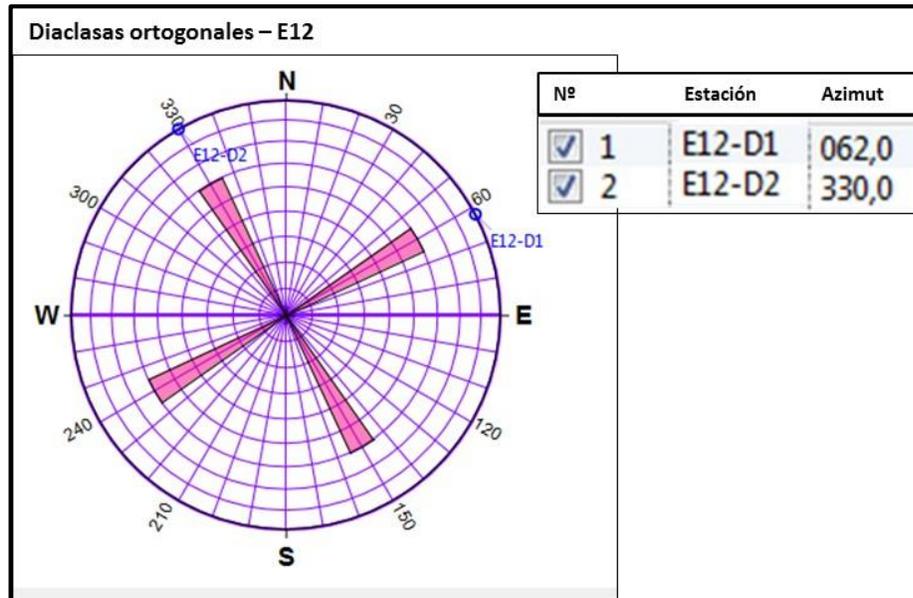


Figura 5.30 Diagrama de roseta de las diaclasas de la estación E12.

5.5 Determinación de la dirección de esfuerzo σ_1 en los diagramas de rosetas

Del análisis de los diagramas de rosetas de las diaclasas de 6 estaciones (E1, E1-A, E6, E6-A, E7 y E12), donde se interpretaron sistemas de diaclasas conjugadas y ortogonales, se determinó que la dirección de los esfuerzos σ_1 , son NW-SE, para todas las estaciones del área de estudio. Estas direcciones se corresponden con los estudios regionales. (Figura 5.31).

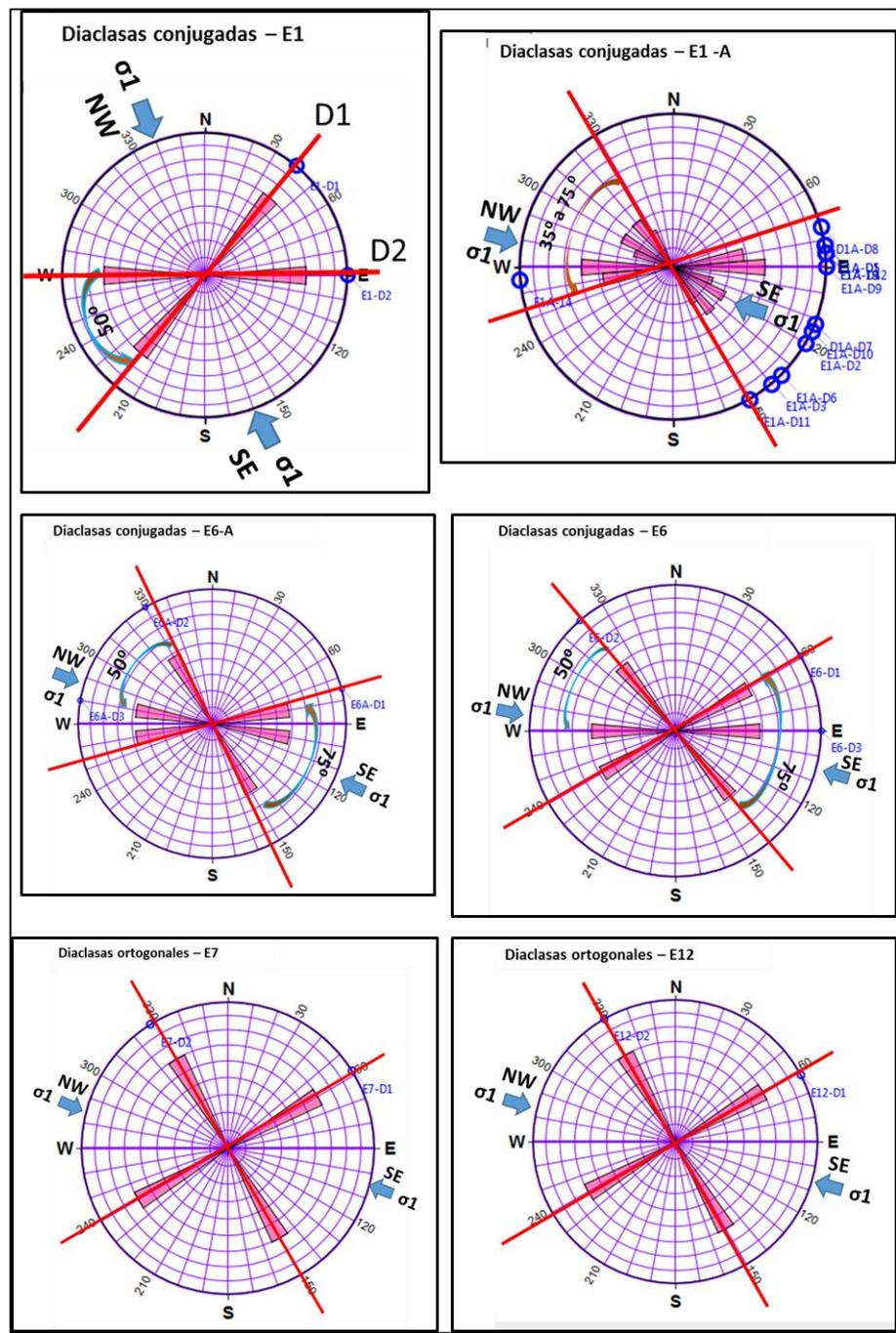


Figura 5.31 Diagramas de roseta de las diaclasas con dirección del esfuerzo σ_1 .

5.6 Comparación del patrón de diaclasas local con el regional

Utilizando la información de cartografía geológica, se pudo determinar que el patrón de fracturamiento regional en la hoja cartográfica NB-20-2 de CVG-TECMIN (Figura 5.32), es principalmente con azimut N: 340° - 350° , con otras fracturas en menor proporción, con azimut N: 315° y N: 280° - 290° . Estas direcciones se corresponden con algunos de los datos de campo obtenidos en el área de estudio del fundo El Novillo, como se expuso en puntos anteriores. (Figura 5.33).

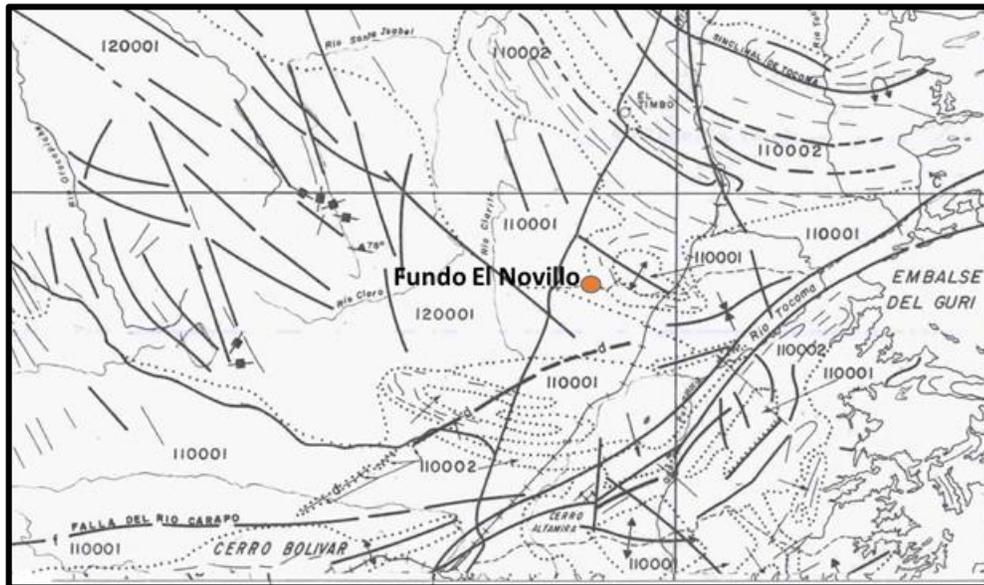


Figura 5.32 Mapa geológico. Fuente: HOJA NB-20-2, sector este central, a escala 1:250.000 de CVG-TECMIN (1991).

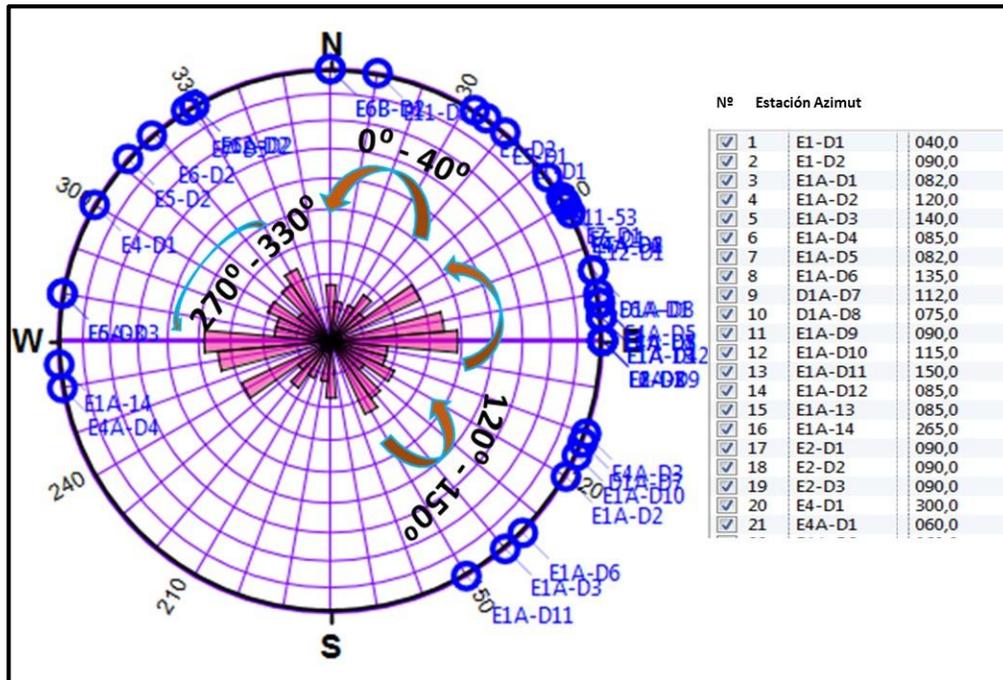


Figura 5.33 Diagramas de roseta de las diaclasas con los rangos de azimut.

En la figura 5.34 se presentan los diagramas de rosas de La unidad 110002 de las hojas NB-20-2 y NC-20-14 (CVG -Tecmin, 1991) y del fundo El Novillo, donde se aprecia una diferencia en la tendencia de las lineaciones. Según los datos de CVG-Tecmin, 1991) la tendencia principal es N 0°-45° W y direcciones secundarias N 15° - 30° W y N 0°-15° E de la unidad 110001 del Complejo de Imataca, y en el caso de este trabajo en el fundo El Novillo, existe otra tendencia principal que es Este franco, y secundarias N 20° - 70° W y N 0° y 70°. Esta diferencia podría estar sujeta a que el número de mediciones de este estudio (21) es menor que las realizadas por CVG-Tecmin (307).

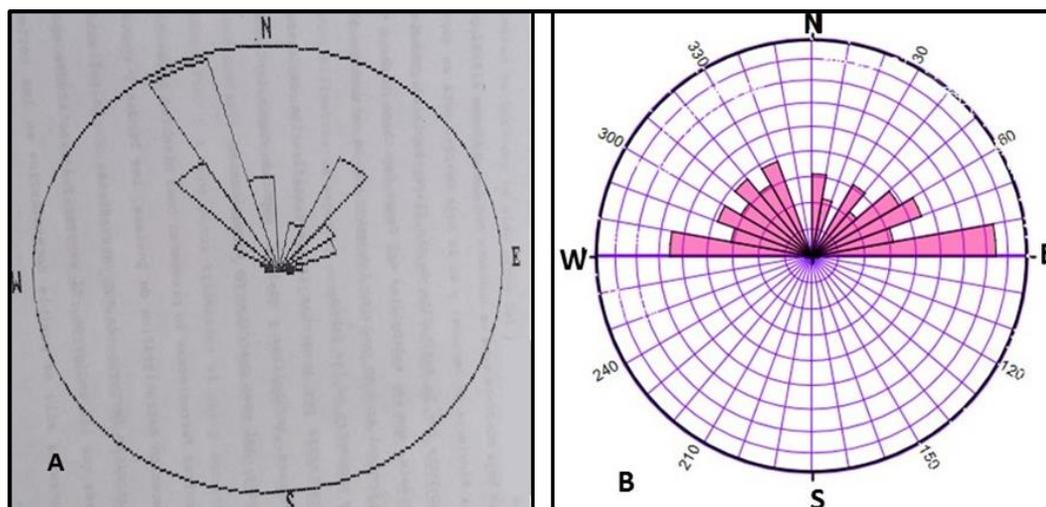


Figura 5.34 Diagramas de rosas de: A) La unidad 110001 del Complejo de Imataca y B) Zona del fundo El Novillo- sector La Naranjita.

5.7 Análisis del mapa geológico del área de estudio

En la figura 5.35 se presenta el mapa geológico, con las diferentes unidades descritas en campo, que pertenecen al Complejo de Imataca y que son 3: migmatitas, gneises anfibólicos y gneises graníticos; y la unidad de suelos residuales producto de la descomposición de las rocas del Complejo de Imataca.

En el mapa geológico la unidad de migmatitas de color rosado y gris, ocupa el 28% del área y se ubica en varias zonas, al este en el cauce de la quebrada Los Novillos, en la parte central este, y al suroeste. La unidad de gneises graníticos rosados de grano fino cubre el 7,5% del área, y se encuentra en la parte norte central; la unidad de gneises anfibólicos ocupa el 3,5 % y se encuentra en la parte central este; y la unidad de suelos arcillosos rojizos, cubiertos de fragmentos angulosos de cuarzo y pisolitas cubre el 61% del área, y se encuentra en toda la zona de estudio.

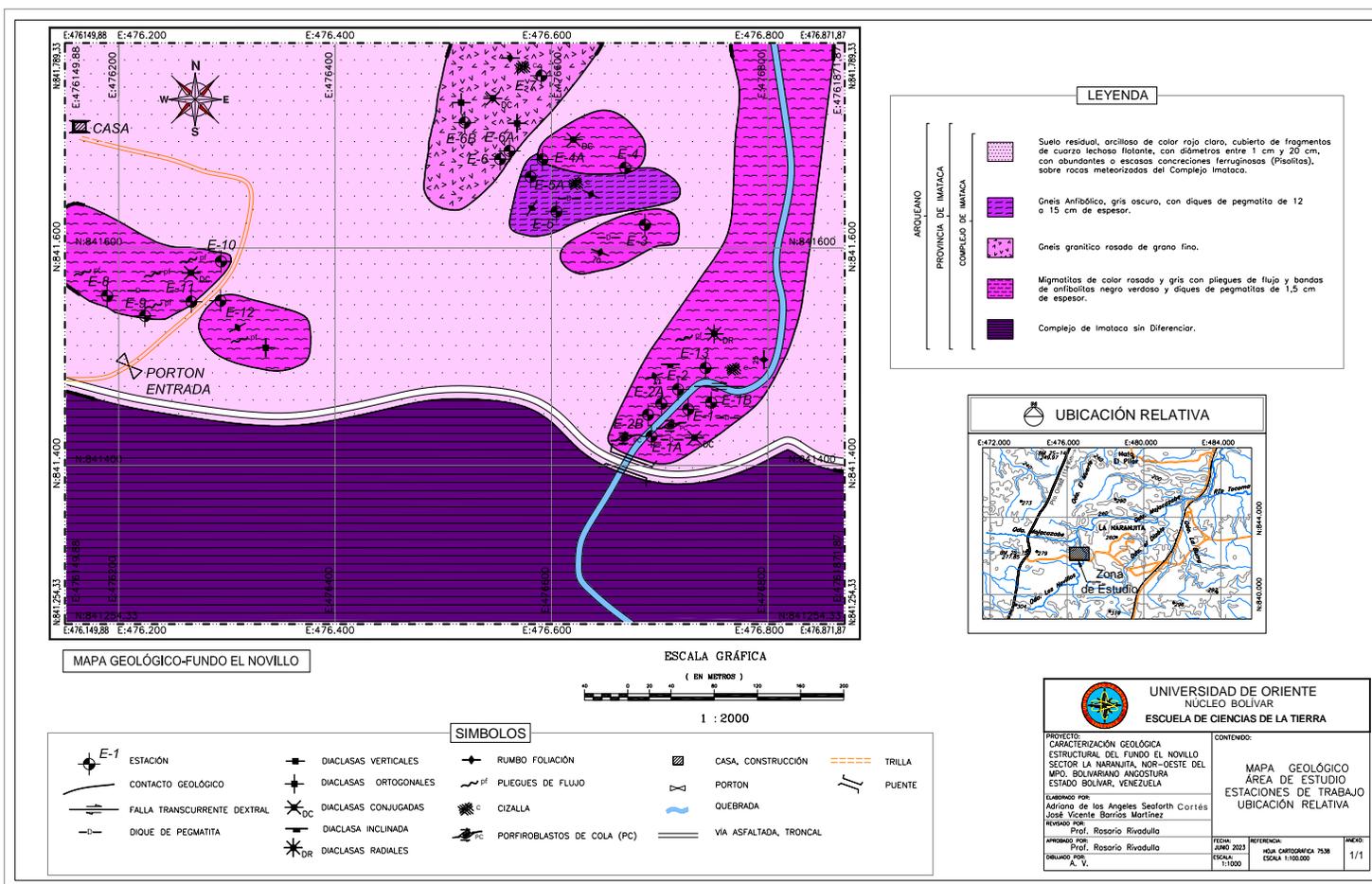


Figura 5.35 Mapa geológico del sector del fundo El Novillo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En la zona de estudios se distinguieron 2 unidades geológicas, que son el Complejo de Imataca y suelos residuales del Complejo de Imataca.

2. El Complejo de Imataca se caracteriza litológicamente por migmatitas de color rosado y gris, con pliegues de flujo, con bandas de anfibolitas negro verdoso, y diques de pegmatitas, gneises anfibólicos de grano medio a fino, gris oscuro, y gneises graníticos, de color rosado, de grano fino.

3. Los suelos residuales de Imataca, se caracterizan por ser arcillosos de color rojo medio, con una cobertura de cuarzo flotante, en su mayoría de tipo lechoso, con fragmentos angulosos, concreciones ferruginosas (pisolitas) y bloques de rocas meteorizadas.

4. La composición mineralógica de las migmatitas, está conformada por feldespato potásico (~55-40%), cuarzo (~30-25%), granudo y plagioclasa (~15-10%). Los gneis anfibólico por plagioclasa (~25-40%), cuarzo (~30-25%), granudo, y horblenda (~20- 25%). Los gneises graníticos por microclino (~25-45%), cuarzo (~30-25%) y plagioclasa (~20- 15%).

5. En la zona de estudio se presenta una foliación con un azimut entre 0° y 23° y un azimut 295° en el centro del área; entre 80° y 100° al norte, 62° al suroeste. En

general hay 2 sectores de foliaciones, el primero entre 0° y 23° y el segundo entre 62° y 115° , este último valor es equivalente a 295° de azimut.

6. El patrón geométrico de los sistemas de diaclasas es conjugadas, y de acuerdo al análisis de los datos, en la zona existen diaclasas conjugadas, con ángulos entre ellas de 35° a 75° , ortogonales con azimut de 330° y 58° - 62° . En general se encuentran 3 grandes sectores de direcciones de las diaclasas, de 0° a 40° a 55° a 110° y de 120° a 150° de azimut.

7. Del análisis de los diagramas de rosetas de las diaclasas de 6 estaciones (E1, E1-A, E6, E6-A, E7 y E12), donde se interpretaron sistemas de diaclasas conjugadas y ortogonales, y se determinó que la dirección de los esfuerzos σ_1 , son NW-SE, para todas las estaciones del área de estudio. Estas direcciones se corresponden con los estudios regionales.

8. Utilizando la información de cartografía geológica, se pudo determinar que el patrón de fracturamiento regional es principalmente con azimut N: 340° - 350° , con otras fracturas en menor proporción, con azimut N: 315° y N: 280° - 290° . Estas direcciones se corresponden con los datos de campo obtenidos en el área de estudio del fundo El Novillo.

9. En el mapa geológico la unidad de migmatitas de color rosado y gris, ocupa el 28% del área y se ubica, al este en el cauce de la quebrada Los Novillos, en la parte central este, y al suroeste. La unidad de gneises graníticos rosados de grano fino cubre el 7,5% del área, y se encuentra en la parte norte central; la unidad de gneises anfibólicos ocupa el 3,5 % y se encuentra en la parte central este; y la unidad de suelos

arcillosos rojizos, cubiertos de fragmentos angulosos de cuarzo y pisolitas cubre el 61% del área.

Recomendaciones

1. Analizar petrográficamente secciones delgadas de las rocas de los afloramientos ubicados en sector del fundo El Novillo, a fin de comprobar la clasificación macroscópica realizada.

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

REFERENCIAS

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

Balestrini, M. (2012) **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Ariel, Barcelona, España.

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

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

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

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

CVG- TECMIN (1991) **INFORME DE AVANCE HOJA NB-20-2**. Estado Boívar.

Espinoza Elisabeth (2017) **MANUAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA**. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Tegucigalpa, Honduras. Sitio

web: www.upnfm.edu.http://postgrado.upnfm.edu.hn

Geotecniafacil.com (2023) **MIGMATITA: IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN, PROPIEDADES, FORMACIÓN Y USOS.** Disponible 02/08/2023. <https://geotecniafacil.com>.

Heiningen, M. V. (04 de Julio de 2009). espeleogenesis.blogspot. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de espeleogenesis.blogspot: <http://espeleogenesis.blogspot.com/>

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

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

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

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

Mendoza, Vicente (2012) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA**. Editorial Gran Colombia Gold Corp. Tomo I, página 94.

Pérez Teodoro (2023) **LECCIÓN 13: DIACLASAS**. Análisis Geológico Estructural Universidad Alicante. Disponible <https://dokumen.tips/documents/analisis-geologico-estructural-leccion-13-diaclasas.html> (fecha de consulta, 30-09-2023).

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

Sosa S., César (1977) **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE EL PAO-SAN FÉLIX-GURI**. V Congreso Geológico Venezolano, Memoria Tomo I, Caracas, pp 289-309.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS (2023) **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL TEMA 6 DIACLASAS**. Argentina <http://www0.unsl.edu.ar/~estructural/login/Teoria/Tema06.pdf>

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

Tarbuck, E., y Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Pearson, Prentice Hall, España. 8va Edición.

Universidad de Malaga (2013) **ROCA METAMÓRFICA ANFIBOLITA**. Disponible en: <https://www.umadivulga.uma.es/banco-de-imagenes/roca-metamorfica-anfibolita/>, Fecha de consulta 26-09-2023.

Universidad de Valencia (2013) **PISOLITO**. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Pisolito>. Fecha de consulta 01 de octubre 2023.

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