

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



**CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y MINERALÓGICA DE
LAS ROCAS ADYACENTES A LA CARRETERA VÍA EL
MANGANESO, ENTRE LA QUEBRADA AGUA SUCIA Y EL
CRUCE VÍA EL PALMAR, MUNICIPIO PIAR, ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LA BACHILLER:
MARIA T. SANTAMARIA
P., PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE DE 2013

DEDICATORIA

Primeramente mi tesis la dedico a Dios que me ha dado la fortaleza y la sabiduría suficiente para cumplir con todas las metas trazadas hasta los momentos, siempre de la mano con Dios y en su tiempo todo es perfecto.

A mi madre Marlene Pérez de Santamaria y a mi padre Jesús Santamaria por brindarme un apoyo y amor incondicional, por siempre estar a mí lado en cada momento de mi vida aconsejándome, enseñándome y corrigiéndome. Juntos han sido mi mayor escuela. Me han enseñado a hacer las cosas bien y a elegir siempre el camino correcto.

A todos aquellos amigos y compañeros de clases con los que he compartido durante todo este tiempo, juntos hemos vivido momentos de alegrías y otros no tan buenos que nos han hecho crecer como persona, estoy segura que a todos nos espera un hermoso futuro profesional. Y a todas las personas y demás familiares que de una u otra manera me han apoyado a alcanzar esta meta.

María T., Santamaría P.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, por brindarme el conocimiento y la capacitación necesaria para mi formación profesional y personal. A los profesores que conforman esta casa de estudio por todos los conocimientos y sugerencias impartidas a lo largo de mi estancia en la universidad.

A mis padres Marlene Pérez De Santamaría y Jesús Santamaría por el apoyo en la culminación de este proyecto.

Al geólogo Jesús Manuel Álvarez, agradezco su apoyo, paciencia y colaboración durante la realización de este proyecto por ser un gran guía en el desarrollo de mi trabajo de grado. A mi tutor el Profesor Henry Ramírez por la colaboración dada.

A mis amigos y compañeros de clases por su atención, colaboración y buenos deseos a lo largo de toda mi carrera.

A mis familiares que con sus buenos deseos, fueron parte de mi motivación en la realización de mi carrera profesional.

Muchas gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron para que este proyecto culminara con éxito, sin su ayuda no hubiese sido posible su realización. Hoy me siento muy feliz y agradecida por alcanzar esta meta.

María T, Santamaría P

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una caracterización petrográfica y mineralógica de las rocas adyacentes a la carretera vía a El Manganese, entre la quebrada Agua Sucia y el cruce vía El Palmar, municipio Piar, estado Bolívar. Con la realización de este trabajo se busca el enriquecimiento de la información geológica y mineralógica de las unidades litológicas que se encuentran expuestas en dicha área. La elaboración de este trabajo consta de tres fases o etapas principales: la primera etapa consiste en una recopilación documental y cartográfica de interés que sirvieron de base para la realización de esta investigación. La segunda fase, consistió en una etapa de campo donde se hizo un reconocimiento, exploración y delimitación del área de estudio. Posteriormente, se colectaron muestras representativas de la zona, y se referenciaron con la ayuda de un GPS y se analizaron macroscópicamente en campo. Finalmente una tercera fase que consiste en actividades de oficina, donde se realizaron los respectivos análisis petrográficos a las muestras de rocas, las cuales fueron analizadas y procesadas en los laboratorios del Instituto Nacional de Geología y Mina (INGEOMIN), en Ciudad Bolívar se realizaron 8 cortes de rocas, 4 secciones delgadas, descripciones macroscópicas y microscópicas de unidades litológicas presentes (coincidiendo y definiendo así la litología, y tipo de alteración). Como resultados, se obtuvieron las siguientes unidades: Gneis Cuarzo Feldespático, Gneis Cuarzo Feldespático Cataclástico y Mármol. Desde el punto de vista geológico, el área está enmarcada por el Escudo Precámbrico de Guayana, Provincia Geológica de Imataca.

CONTENIDO

Página

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Alcance de la investigación.....	3
1.5 Limitaciones de la investigación.....	4
CAPÍTULO II.....	5
GENERALIDADES	5
2.1 Ubicación geográfica del área	5
2.2 Acceso al área.....	6
2.3 Características físico-naturales del área	6
2.3.1 Clima	6
2.3.2 Vegetación.....	7
2.3.3 Suelos	8
2.3.4 Hidrografía	9
2.3.5 Geomorfología.....	9
2.4 Geología regional.....	11
2.5 Provincia Geológica de Imataca.....	12
2.5.1 Geología estructural.....	13
2.5.2 Metamorfismo de Imataca.....	13
2.5.3 Litología de Imataca	14
2.5.4 Edad de Imataca	14
CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO	16
3.1 Antecedentes de la investigación	16
3.2 Bases teóricas	17
3.2.1 Rocas	17
3.2.1.1 Rocas ígneas	18

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	45
5.1 Geología del área de estudio	45

5.2 Litologías presentes en el área de estudio	49
5.2.1 Gneis cuarzo feldespático (muestra MS-1)	49
5.2.1.1 Descripción microscópica (muestra MS-1)	49
5.2.1.2 Descripción composicional (muestra MS-1)	52
5.2.2 Gneis cuarzo feldespático - granito (muestra MS-2).....	53
5.2.2.1 Descripción microscópica (muestra MS-2)	53
5.2.2.2 Descripción composicional (muestra MS-2)	56
5.2.3 Gneis cuarzo feldespático cataclástico (muestra MS-3 / Ms-4)	57
5.2.3.1 Descripción microscópica (muestra MS-4)	58
5.2.3.2 Descripción composicional (muestra MS-4)	59
5.2.4 Mármol (muestra MS-5).....	61
5.2.4.1 Descripción microscópica (muestra MS-5)	62
5.2.4.2 Descripción composicional (muestra MS-5)	62
5.2.4.3 Paragénesis mineral y proceso de metamorfismo (mmuestra MS-5)	63
5.2.5 Dique de anfibolita	64
5.3 Geología estructural del área de estudio	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
Conclusiones	68
Recomendaciones	68
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS.....	72

LISTA DE FIGURAS

Página

2.1 Ubicación del área de estudio, municipio Piar - estado Bolívar, Venezuela (Google Maps).....	5
2.2 Mapa físico, relieve e hidrografía de Venezuela (Instituto Nacional de Meteorología e hidrología, 2012).	10
2.3 Paisaje de peniplanicie característica del área de estudio.	10
2.4 Mapa de las provincias geológicas del escudo de Guayana, según Menéndez, 1968 (Mendoza, v., 2000).	11
3.1 Diagrama ACF. (Winkler, 1975).....	29
4.1 Flujo grama metodológico.	37
4.2 Visión del afloramiento encontrado sabana adentro.	38
4.3 Brújula utilizada en campo para las mediciones estructurales.	39
4.4 Mediciones de rumbo a través de la brújula.	40
4.5 Mandarina utilizada para extraer muestras de rocas.	41
4.6 Extracción de muestras utilizando el método de percusión.	41
5.1 Fila montañosa constituida de rocas ígneo metamórficas de carácter granítico cuarzo feldespáticos.	45
5.2 Planicie conformada por los sedimentos de las rocas del área.	46
5.3 Mármol encontrado en la explotación conocida como cantera el manganeso.	47
5.4 Afloramiento expuesto por el curso de una quebrada.	48
5.5 Dique de anfibolita expuesto al lado de la carretera.	48
5.6 Muestra de mano MS-1, gneis cuarzo feldespático.	50
5.7 Muestra MS-1 (nx) 10x/4x:se observa cristales de cuarzo (q), feldespato (fk), plagioclasas (pl), mica biotita (bi) y granate (gt) fracturado y relleno por mica biotita siendo sustituida por esta.	50

5.8 Muestra microscópica MS-1 (nx) 10x/4x: textura gnéisica, formada por cristales bien orientados, de tamaño medio hasta fino, se observa cuarzo (q), feldespato alterado (fk) intercalados con paquetes de mica biotita (bi) orientada y deformada.	51
5.9. Muestra MS-1(n/) 10x/4x: se observa cristales de granate (gt) muy fracturado y relleno por mica biotita (bi) siendo sustituida por esta.	51
5.10 Muestra macroscópica MS-2.....	54
5.11 Muestra microscópica MS-2 (nx) 10x/2x: alotriomorfica-inequigranular donde los componentes son de tamaño variable y anhedral.	54
5.12 Muestra MS-2 (nx) 10x/10x: se observa plagioclasa (pl), totalmente sericitizada; feldespato (fk) tipo microclino y mica muscovita (ms).	55
5.13 Muestra MS-2 (n/) 10x/10x: se observa paquetes de cristal de mica muscovita (ms) deformada y se observa la fuerte alteración sericitica en el cristal de plagioclasa.	55
5.14 Muestra macroscópica MS-3.....	58
5.15 Muestra macroscópica MS-4.....	58
5.16 Muestra microscópica MS-4 (nx), 10x/4x.....	59
5.17 Muestra macroscópica de MS-5.....	61
5.18 Muestra MS-5 (nx), 10x/2x se observan cristales de carbonato (cálcita), en forma de mosaico con maclas flexuradas y cristales de olivino (olv), granudos.....	62
5.19 Diagrama de ACF, donde se muestra la mineralogía de MS-5.....	64
5.20 Afloramiento con foliación	65
5.21 Afloramiento cercano a la carretera.	66
5.22 Afloramiento cercano a la vía el palmar.	67
5.23 Medición del cuerpo intrusivo aflorante.	67

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas UTM regven del área de estudio.	6
4.1 Muestras de rocas obtenidas en la investigación.....	35
5.1. Minerales en orden de abundancia decreciente de la MuestraMS-1.....	52
5.2 Minerales en orden de abundancia decreciente de la Muestra MS-2.....	56
5.3 Minerales en orden de abundancia decrecientes de la Muestra MS-4	60
5.4 Minerales en orden de abundancia decreciente de la Muestra MS-5.....	63

LISTA DE ANEXOS

- 1 MAPA TOPOGRÁFICO Y DE MUESTREO
- 2 MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL

INTRODUCCIÓN

Esta investigación consistió en realizar una caracterización petrográfica y mineralógica de las rocas adyacentes a la carretera vía El Manganese, entre la Quebrada Agua Sucia y el cruce vía El Palmar, municipio Piar, estado Bolívar.

La provincia geológica de Imataca se caracteriza por su complejidad petrológica, por esta razón se seleccionó el tramo vial que conduce hasta “El Manganese” en el cual afloran varias rocas en donde se puede observar de manera macroscópica la variación del grado de metamorfismo en distintos cuerpos rocosos.

El área de estudio se encuentra enmarcada por un importante rasgo megatectónico como lo es la Falla de Guri, la cual separa dos Provincias Geológicas que son: Imataca y Pastora.

En la visita a campo se recolectaron cinco (5) muestras de roca representativas las cuales se seleccionaron para realizar análisis macroscópicos y cuatro (4) de ellas fueron analizadas petrográficamente para así, abarcar los objetivos propuestos.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I se presenta la situación a investigar, abarca los objetivos justificación y límites de la investigación. El capítulo II corresponde a las generalidades del área como ubicación, acceso y características físico-naturales. En el capítulo III se exponen los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. La metodología empleada para el desarrollo de esta investigación se plantea en el capítulo IV. El capítulo V se destinó al análisis e interpretación de los resultado obtenidos en cada una de las etapas de la metodología aplicada. 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 al Sur de Venezuela, específicamente en el estado Bolívar, municipio Piar. El área de la carretera vía a El Manganeso se caracteriza por estar enmarcada por un importante rasgo megatectónico como lo es la falla de Guri, esta representa la zona de contacto entre dos importantes provincias geológicas, las cuales son, la Provincia Geológica de Imataca y la Provincia Geológica de Pastora. En esta zona son pocos los estudios petrográficos que se han realizado, de manera que no posee una información específica y por la complejidad del área amerita la realización de estudios a detalle.

Esta zona brinda la oportunidad de conocer distintos tipos de rocas debido al cataclasis.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar desde el punto de vista petrográfico y mineralógico las rocas adyacentes a la carretera vía El Manganeso, entre la quebrada Agua Sucia y el cruce vía El Palmar, municipio Piar, estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar un levantamiento geológico de superficie en el área de estudio.

2. Analizar macroscópicamente las rocas expuestas a lo largo del área a estudiar.
3. Identificar los tipos de rocas y minerales presentes en el área de estudio a través de análisis petrográficos.
4. Determinar la tendencia estructural del área de estudio con la obtención de mediciones geológicas.
5. Cartografiar las unidades geológicas y los rasgos estructurales.

1.3 Justificación de la investigación

Con la realización de este estudio se busca complementar y ampliar la información acerca de las características geológicas que presenta la zona de falla de Guri contribuyendo así al enriquecimiento de la información geológica y mineralógica de las unidades litológicas que se encuentran expuestas en dicha área. Cabe destacar que en el área de estudio se han realizado estudios anteriores, pero este va dirigido a una zona específica del área.

1.4 Alcance de la investigación

El trabajo fue realizado con la finalidad de obtener información más específica y con mayor detalle de la zona a través de análisis petrográficos. A nivel estructural se remite a las mediciones de rumbo y buzamiento en fallas, diaclasas y foliación; y en cuanto a su carácter se define como local por restringirse al estudio de las rocas observadas en la carretera vía a El Manganeso, municipio Piar, estado Bolívar.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. En las visitas realizadas no se tuvo acceso a determinados terrenos de la zona, debido a que son propiedades privadas y cercadas; limitando el muestreo y reconocimiento de litologías importantes.

2. En algunas locaciones resulto muy difícil obtener rocas frescas, por lo que se tomaron rocas parcialmente meteorizadas que al tratar de someterse a los cortes para ser montadas en secciones delgadas las mismas resultaron destruidas haciendo imposible su estudio petrográfico o microscópico.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El área de estudio se encuentra al Noreste del estado Bolívar, esta se ubica en el sector que comprende desde el cruce de la carretera Upata – El Palmar hasta la zona del Manganese, en adyacencias del Rio Gualpa una altura de 269 metros sobre el nivel del mar, municipio Piar – Estado Bolívar (Figura 2.1, Tabla 2.1).

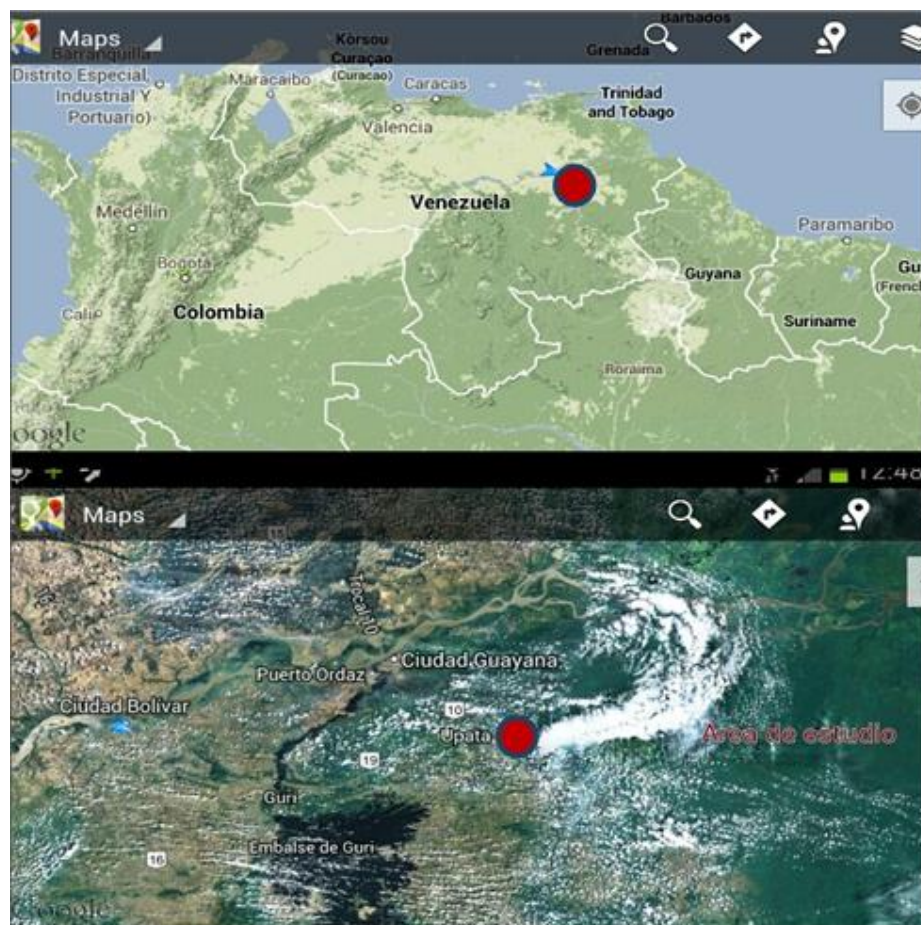


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio, municipio Piar - Estado Bolívar, Venezuela (Google Maps).

Tabla 2.1 Coordenadas UTM REGVEN del área de estudio.

Punto	Norte	Este
P1	880537	574383
P2	885927	597461
P3	881382	598522
P4	875992	575445

2.2 Acceso al área

El acceso al área se logra vía terrestre a través de la carretera nacional que comunica a la población de Upata con las poblaciones de Guasipati y El Palmar. A la altura del kilómetro 8 se toma a la izquierda la carretera de asfalto que conduce propiamente al El Palmar y a la zona del Manganeseo en esta vía a lo largo de todo su trayecto se logran observar varios afloramientos rocosos tanto de margen derecho como de margen izquierdo.

2.3 Características físico-naturales del área

El área de estudio, forma parte del municipio autónomo Piar del estado Bolívar según la división político territorial de la República Bolivariana de Venezuela, cuya capital es la ciudad de Upata, razón por la cual las características físico-naturales de esta población se extrapolan al área de estudio.

2.3.1 Clima

El municipio Piar está caracterizado por un clima de Sabana tropical al Norte y Centro, alterado con tropical lluvioso de selva al Sur y en las zonas altas de la Provincia Geológica de Imataca. Posee temperaturas promedios en las tierras bajas de 26 grados, promedios de 25 a 24 grados en las áreas ubicadas por encima de los 300 metros sobre el nivel del mar. Mínimas en torno a los 21 grados promedio, con

máximas de 34 grados en sus zonas de mayor insolación y con una temporada de sequía más acentuada, localizadas al Centro y Norte del municipio Piar (Devera, J., 2010).

Respecto al régimen de precipitación varia por las condiciones del relieve, al ciclo anual de lluvias de cada subregión del municipio, que es mayor en meses en la medida en que se avanza hacia el Sur (Devera, J., 2010).

En relación a los vientos, por lo general son suaves, menos de 5 kilómetros por hora promedio, en los valles y zonas de colina, y de mayor intensidad en las llanuras de El Manteco, Guri, donde se acercan en determinadas épocas del año a los 15 kilómetros por hora. Las lluvias de mayor intensidad se extienden desde mayo hasta octubre, desde noviembre a enero bajan considerablemente, mientras que febrero, marzo y abril suelen ser meses de extrema sequía (Devera, J., 2010).

2.3.2 Vegetación

La vegetación en la hoja NB-20-3, la cual comprende nuestra área de estudio es variada, con especies adaptadas a las condiciones de dos tipos de bioclima: ombrófilo macrotérmico y el tropófilo macrotérmico.

El primer tipo, que es muy escaso, se encuentra en el extremo norte y el extremo sur del área cubierta por la mencionada hoja; corresponde a un bosque húmedo tropical siempre verde, alcanza altura de hasta 25 m pero en general el estrato vegetal esta 5 y 10 m y con un estrato arbustivo entre 1 y 3 metros (CVG TECMIN CA, 1989).

Las demás áreas presentan un elevado grado de intervención agropecuaria en los alrededores y sur de Upata hasta Guasipati. La vegetación predominante está representada por formaciones herbáceas y arbustivas (CVG TECMIN CA, 1989).

La sabana desarrollada sobre un sustrato de baja fertilidad con pH ácido, comprende sabanas abiertas con predominancias de chaparros, interrumpidas por las presencias de bosques remanentes y de galería, productos de mejores condiciones de suelo localmente. Se hace necesario señalar que este tipo de paisajes está sujeto a las quemas periódicas (CVG TECMIN CA, 1989).

2.3.3 Suelos

En forma general los suelos predominantes del área de estudio son en primer lugar los pertenecientes al orden de los Ultisoles caracterizados por evolucionar en diferentes ámbitos bioclimáticos. Dichos suelos se caracterizan por exhibir un avanzado desarrollo pedogenético, ser superficiales a muy profundos, de colores predominantes marrón oscuro a marrón rojizo en superficie y en profundidad amarillo a rojo: de textura franco arenosa a franco arcillo arenosa en superficie y franco arcilloso a arcillosa en profundidad, mezclados localmente con contenidos variables de esqueleto grueso (CVG TECMIN CA, 1989).

Otros suelos importantes presentes son los entisoles, de los mismos ámbitos bioclimáticos tipo tropofilo y ombrófilo macrotérmico. Este tipo de suelo también se encuentra en la Provincia Geológica de Imataca como en la Provincia Geológica De Pastora, ocupando paisajes como peniplanicies, planicies, lomeríos, etc.; generalmente estos suelos tienen menos desarrollo pedogenético que el anterior, son de color amarillento oscuro, marrón amarillento, marrón fuerte, marrón gris (CVG TECMIN CA, 1989).

2.3.4 Hidrografía

El municipio Piar posee tres cuencas hidrográficas, dos pertenecientes a la Hoya del Orinoco y una cuenca a la Hoya del Río Yuruari, el cual a su vez forma parte de la cuenca principal del río Cuyuní. Al Norte se encuentra la cuenca del río Yocoima o Upata, tributario del Orinoco que posee un recorrido longitudinal de unos 75 kilómetros y hacia la cual drenan las aguas de la Sierra Imataca – Piacoa, así como las provenientes del valle del Yocoima, Sabaneta, San Lorenzo y las llanuras y colinas que colindan con el sistema de serranías de El Pao (Devera, J., 2010).

Al Oeste estrechas fajas de tierras aledañas al lago de Guri drenan sus aguas hacia el Caroní, caudal que recibe al Norte un pequeño aporte del río El Retumbo, que se localiza en la parroquia Andrés Bello y que desemboca en la zona del lago de Caruachi. Más al Norte el pequeño río Pao también desemboca en el Caroní, ya en el sector del embalse de Macagua (Devera, J., 2010).

El más importante sistema hídrico se localiza al Centro, Sur y Este de la entidad territorial, abarcando más de la mitad de la superficie municipal. Precisamente en el Sur de Piar, en la zona de El Manteco, nace el río Yuruari, principal tributario del Cuyuní, el cual a su vez luego de un tortuoso recorrido por zonas selváticas recibe las aguas de los ríos menores o quebradas de Santa Inés, Oronota, Gualpa, Guanaraparo, Carichapo (Devera, J., 2010) (Figura 2.2).

2.3.5 Geomorfología

El área de estudio, presenta comúnmente paisajes de lomerío y peniplanicie, observándose también algunas áreas de montaña y valle. (CVG TECMIN CA, 1989) (Figura 2.3).

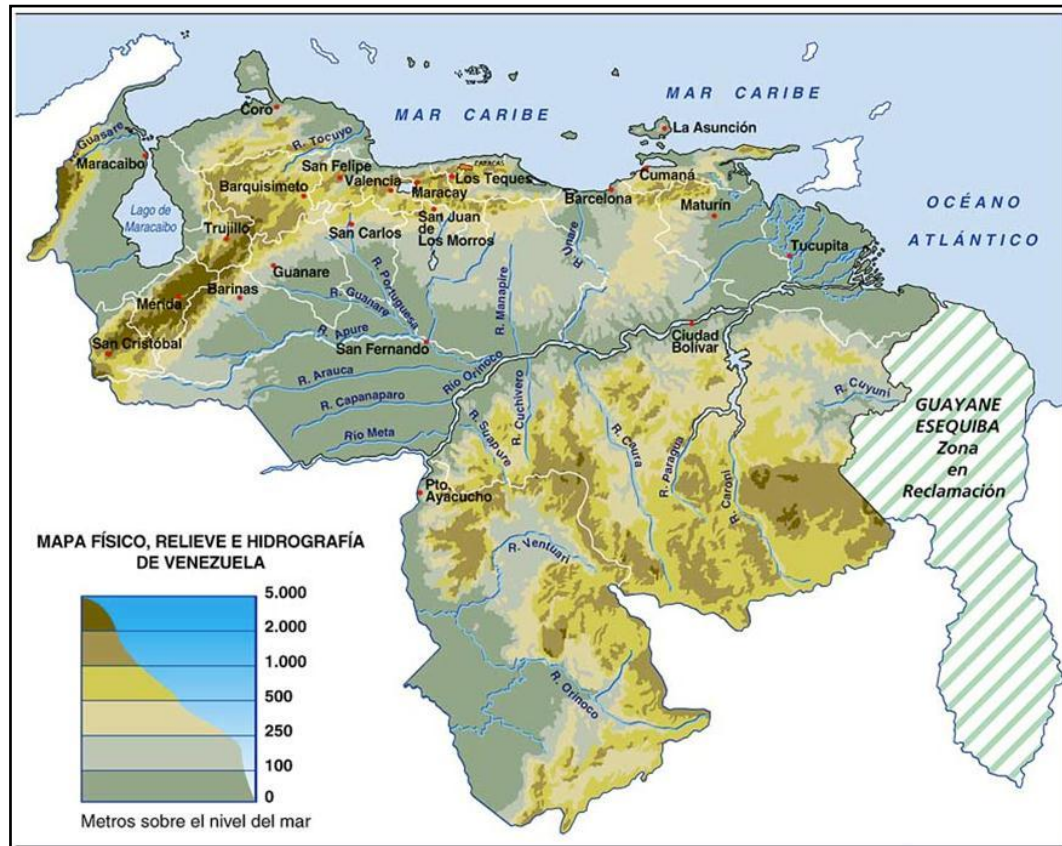


Figura 2.2 Mapa físico, relieve e hidrografía de Venezuela (Instituto Nacional de Meteorología e hidrología, 2012).



Figura 2.3 Paisaje de peniplanicie característica del área de estudio.

2.4 Geología regional

El Escudo de Guayana sobre la base de caracteres petrológicos y tectónicos en Venezuela se divide según Menéndez (1968) en cuatro provincias, correspondientes a cuatro conjuntos litológicos distintos: a) gneises, granulitas y formaciones de hierro arqueozoicos, b) cinturones de rocas verdes paleoproterozoicos intrusionados por cuerpos domicos de granitos sódico, c) lavas y tobas riolíticas no metamorizadas intrusionados por extensos plutones de cuarzo-monzonita y granito, d) areniscas arcósicas, cuarcitas, conglomerados y lutitas no metamorizadas (Mendoza, V., 2005).

Estos conjuntos constituyen igual número de provincias geológicas respectivamente: Imataca, Pastora, Cuchivero, Roraima. Petrográficamente la Provincia Geológica de Imataca pertenece al denominado cinturón de rocas granulíticas, la Provincia Geológica de Pastora a los cinturones de rocas verdes y la Provincia Geológica de Cuchivero se caracteriza por las grandes extensiones de granitos. La provincia Geológica de Roraima es una cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a Pastora o Cuchivero (Mendoza, V., 2005) (Figura 2.4).

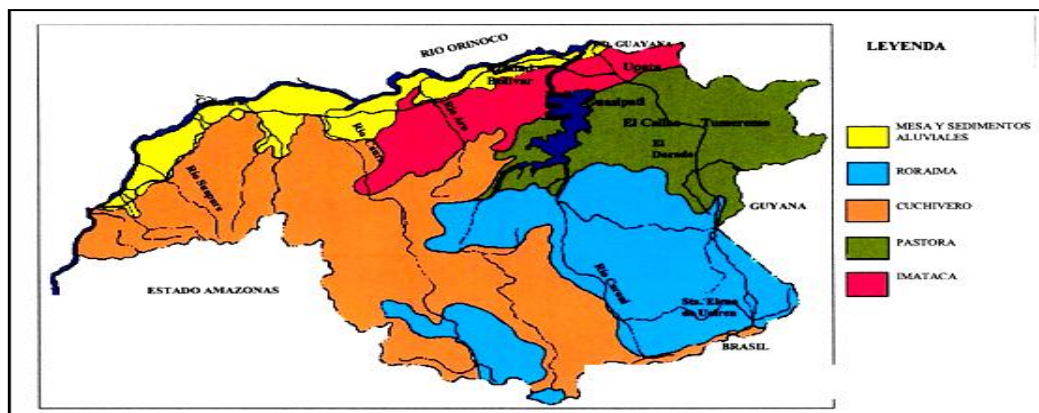


Figura 2.4 Mapa de las provincias geológicas del escudo de Guayana, según Menéndez, 1968 (Mendoza, V., 2005).

2.5 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia Geológica de Imataca se extiende en dirección SO-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y, en dirección NO-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 km y 80 km respectivamente (Mendoza, V., 2005).

No parecen existir razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura y, por supuesto, en tiempos pre-disrupción, de la Pangea a África Occidental, la Provincia Geológica de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N 60-70 E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la falla de Gurí (Mendoza, V., 2005).

El término Complejo de Imataca es introducido por Chase (1963, 1965) por considerar que la unidad amerita tal designación por lo diverso de sus estructuras y porque la superposición de eventos metamórficos e ígneos ha impedido, hasta la fecha, una determinación precisa de la secuencia correcta de las formaciones en el conjunto LEXICO (1970). Esta denominación es empleada posteriormente por Kalliokoski(1965), Ratmiroff(1965) y Dougan(1966) (PDVSA-Intevep, 1997).

Hurley y otros (1977) destacan que el Complejo de Imataca incluye rocas metasedimentarias, charnockitas y granulitas, con formaciones de hierro intercaladas, que son probablemente más viejas que 3.000 m.a. y quizás tan antiguas como 3.400 ma y que el Complejo incluye, además cuerpos intrusivos y gneises cuyas edades están alrededor de 2.700 ma.(PDVSA-Intevep, 1997).

2.5.1 Geología estructural

Estructuralmente, la Provincia Geológica de Imataca, representa un cuadro muy complicado: rocas intensamente plegadas y falladas seguramente por más de un evento de deformación. El patrón de plegamiento es bastante cerrado, intenso, imbricado e isóclina, sugiriendo así junto con el grado metamórfico regional, su desarrollo en niveles profundos de la corteza(Mendoza, V.,2005).

Existen tres fallas de carácter regional: Falla de Gurí, Falla El Pao y Falla de Santa Bárbara, las cuales son muy similares en sus características y naturaleza. Estas fallas se extienden por varios centenares de kilómetros con rumbo general de N 70° E y desarrollan zonas monolíticas que varían desde los 400m hasta los 5Km. de ancho. Genéticamente asociados a estas fallas regionales existen pliegues de arrastres de diversa magnitud, cizallamiento paralelo secundario, diaclasas y fracturas relacionadas (Mendoza, V.,2005).

La falla El Pao, se proyecta desde el delta del Orinoco hasta el río Claro del lado izquierdo de Tocoma. La extensión de esta falla es de 200 Km., con un ancho de unos siete kilómetro. La falla de El Pao es sub-paralela a la falla de Guri y tiene su mejor desarrollo entre la población de El Pao(Mendoza, V.,2005).

2.5.2Metamorfismo de Imataca

El metamorfismo registrado en Imataca en estas rocas decrecen desde la Mina de Hierro del Pao, con Granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750°C-850°C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs., equivalentes a menos de 30 kilómetros de presión de rocas),hacia la zona de Gurí, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granates-cordieritas-sillimanita (que implican

temperaturas de 650-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs., o sea menores de 20 kilómetros de espesor de roca). Estas rocas de alto metamorfismo se interpretan en Mendoza (1974) como evolucionados primitivos Cinturones de Rocas Verdes y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorizados hasta alcanzar las facies anfibolitas y granulitas y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrogrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo (Mendoza, V.,2005).

2.5.3 Litología de Imataca

El Complejo de Imataca consiste en orden de abundancia decreciente, de una secuencia, de granulitas plagioclásicas-cuarzo-piroxénicas, granulitas microclínicas - cuarzo plagioclásicas - piroxénicas, gneis cuarzo-feldespático-cordierítico-granatífero-biotítico - silimanítico-grafítico y formaciones de hierro, con las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorizada, roca rodonítica-granatífera, roca cuarzo-granatífero-grafítica y esquisto bronzítico-hornabléndico-biotítico. La secuencia está intrusionada por cuerpos graníticos básicos. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas, con rumbo este-noreste (Mendoza, V.,2005).

Los conjuntos del Complejo de Imataca están intensamente metamorizados, y pertenecen en general a la subfacies de granulita hornabléndica, de la facies granulítica según (Chase 1965 en PDVSA-Intevep, 1997).

2.5.4 Edad de Imataca

Las edades radiométricas determinadas hasta el momento, sugieren que la Provincia de Imataca contiene las rocas más antiguas de la Guayana Venezolana. La edad más antigua para el Complejo de Imataca es de 3.000-3.400 ma, obtenida en el estribo oriental de la presa de Gurí (Hurley et al. 1972) y determinada por Rb/Sr en

una muestra de granulita ácida asociada a horizontes ferríferos. Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial, originando por el emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas (Chase 1965 en PDVSA-Intevep, 1997).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Para la ejecución y desarrollo de este proyecto, se realizaron consultas a estudios previos relacionados con el tema a desarrollar. Se muestran en este punto los aportes efectuados por los diferentes autores.

Bolívar Jannibel y García Yura (2012) realizaron el trabajo de grado “Caracterización geológico-estructural en el tramo vial conocido como “Curvas de Santa María de Upata” municipio Piar, estado Bolívar” el cual fue realizado al Suroeste de nuestra área de estudio por lo cual se espera establecer una relación con nuestro trabajo.

Edixon Salazar (2000) realizó un trabajo de ascenso denominado “Reconocimiento y caracterización geológica de la sección San Félix-El Callao. Estado Bolívar, Venezuela”. En él, estipula que la falla de Guri representa la zona de cizallamiento más intensa de toda la región; topográficamente es fácilmente identificable; debido a que en la zona de Santa María de Upata y en casi toda su extensión, constituye el límite entre la Provincia Geológica de Imataca y la Provincia Geológica de Pastora. También se resalta la milonitización presente hacia el sur donde se presentaron rocas milonitas, ultramilonitas, protomilonitas y pseudotaquilitas. Los análisis efectuados en estas rocas sirven de base en la interpretación de los resultados de esta investigación.

CVG TECMIN C.A. (1991) en el marco del Proyecto de Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana, realizaron un análisis sistemático de la Región Guayana, a través de interpretaciones de hojas de radar y levantamientos de campo. Tal proyecto abarco nuestra área de estudio en la hoja NB-20-3 brindando una información importante de la cual partir.

Abud Juan y Stredel Carlos (1978) elaboraron un trabajo de grado titulado: “Sismicidad, estructura, tectónica y petromineralogía de la zona de falla Piar-Gurí”, en el cual, mediante una serie de estudios realizados llegaron a la conclusión de que la deformación de la roca a todo lo largo y ancho de la zona de fallamiento es de alta significación. Esto es debido a que la cataclasis y milonitización están presentes en la mayoría de los especímenes estudiados. Estas condiciones implican para la existencia de las formaciones inherentes a fuerzas compresionales, relacionada dentro de un campo de metamorfismo tangencial y regional. Y la pseudotaquilización de tipo sumamente intensivo de la región de Gurí implica compresión y deformación en la zona de cizallamiento. Todos estos aspectos sirven para contextualizar los resultados de esta investigación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Rocas

Las rocas son agregados naturales formados por uno o más minerales y/o mineraloides. No se trata en cada roca de una agrupación casual de minerales, sino que tales agrupaciones responden a unas condiciones de formación que se manifiestan con frecuencia y en extensiones importantes en la estructura de la corteza terrestre (Baamonde, J., 2006).

Dentro del conjunto de minerales que forman una roca determinada se distinguen los minerales esenciales y accidentales. Los primeros son los que se presentan de una manera constante en la composición de la roca y la ausencia de uno de ellos hace que la combinación de minerales se clasifique como una roca diferente a la anterior. Un mineral petrogénico es accidental cuando su presencia en una roca no es precisa para la existencia de la misma (Baamonde, J., 2006).

Las rocas se dividen en tres grandes grupos: ígneas, sedimentarias y metamórficas (Baamonde, J., 2006).

3.2.1.1 Rocas ígneas

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma. Las rocas ígneas se componen de rocas intrusivas o rocas plutónicas formadas a partir de un magma que se solidifica debajo de la superficie y rocas extrusivas o volcánicas formadas por el magma cuando sale a la superficie como lava (Baamonde, J., 2006).

Las rocas ígneas se originan y evolucionan entre aproximadamente 1300°C y 700°C, por lo cual están estrechamente asociadas a la evolución térmica de la Tierra. Dentro de este rango de temperaturas, los procesos ígneos compiten con una buena parte de los procesos metamórficos de alta temperatura. Entre el metamorfismo y la fusión, generadora de las rocas ígneas, existe un límite pobremente definido, interviniendo a favor de uno u otro proceso diversas variables (Baamonde, J., 2006).

Las rocas ígneas contienen una gran variedad de minerales de silicatos y no silicatos, indicándose en dos categorías: minerales primarios de altas temperaturas los cuales cristalizan directamente de un magma y minerales secundarios formados a temperaturas más bajas donde no hay un fundido. Estos minerales reflejan

típicamente un reemplazo total o parcial de los minerales primarios, el cual generalmente involucra hidratación u oxidación por fluidos posteriores los cuales pueden ser magmáticos o relacionados con la meteorización.

Las rocas ígneas pueden presentar un diferente grado de cristalización: son holocritales, cuando se encuentran totalmente cristalizadas; y vítreas o hialinas, cuando toda la masa es amorfa (Baamonde, J., 2006).

Asimismo, el tamaño de los cristales puede presentar grandes diferencias: se denominan fenocristales a aquellos que poseen tamaño relativamente grande, siendo fácilmente apreciables a simple vista; se denominan microcristales a los de pequeño tamaño que solo pueden ser apreciados con la ayuda de un microscopio. Con frecuencia, estos últimos presentan una forma alargada o astillosa y se denominan microlitos (Baamonde, J., 2006).

Aquellas rocas que poseen fenocristales o cristales, visibles sin mucho esfuerzo, son llamadas “rocas con granularidad fanerítica”. Las rocas cuyos granos son muy pequeños y que no pueden distinguirse individualmente poseen “granularidad afanítica” además pueden presentarse variedades de tamaños (equigranulares o inequigranulares) (Baamonde, J., 2006).

La mayoría de las rocas ígneas se clasifican en base a la textura y composición mineralógica y química. Todas las rocas ígneas, excepto la peridotita donde la komatita es la roca volcánica correspondiente (básicamente durante el Precámbrico y Paleozoico temprano), constituyen parejas en base a la textura, la cual a su vez, indica un ambiente general de formación de la roca y del magma del cual se deriva, sea extrusivo o intrusivo. El basalto-gabro, andesita-diorita, riolita-granito, forman parejas con una composición similar pero textura diferente. Las rocas ígneas también se clasifican por su composición dependiendo de las proporciones de silicatos

ferromagnesianos (hierro y magnesio) y no ferromagnesianos (calcio, potasio, sodio y aumento de sílice) (Baamonde, J., 2006).

3.2.1.2 Rocas metamórficas

Es formada por la modificación de otras rocas existentes, sean ígneas, sedimentarias o metamórficas en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) por acción del calor, presión y/o fluidos químicamente activos. (Baamonde, J., 2006).

3.2.2 Metamorfismo

Es un proceso que produce cambios en la mineralogía y/o la textura de una roca en estado sólido. El proceso se debe sobre todo al reajuste de la roca a condiciones físicas diferentes a las reinantes cuando la roca se formó y que también son diferentes a las condiciones físicas imperantes en la superficie de la Tierra y durante la diagénesis. El proceso puede coexistir con fusión parcial y puede también implicar cambios en la composición química global de la roca (Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas, 2002).

El termino metamorfismo en geología se refiere a los cambios en los minerales y al ensamblaje y textura resultante de una roca sujeta a condiciones donde la presión, la temperatura y los ambientes químicos difieren de aquellos en los cuales la roca se originó (Baamonde, J., 2006).

El metamorfismo tiene varios grados en lo que respecta a los cambios experimentados por la roca original. Un metamorfismo de bajo grado ocurre a temperaturas entre 200 a 320°C y una presión relativamente baja. El metamorfismo de alto grado toma lugar a temperaturas de más de 320°C en este tipo de

metamorfismo desaparecen los planos de estratificación y otras estructuras sedimentarias, así como los fósiles de la roca original (Baamonde, J., 2006).

3.2.3 Factores del metamorfismo

Los factores fundamentales del metamorfismo son el calor, la presión (esfuerzo) y fluidos mecánicamente activos. Durante el metamorfismo las rocas suelen estar sujetas a los tres factores, pero el grado de metamorfismo y la contribución de cada factor varían con el ambiente metamórfico (Baamonde, J., 2006).

3.2.3.1 Calor

El calor es el factor metamórfico más importante ya que proporciona la energía que impulsa los cambios químicos que resulta en la recristalización de los minerales. En terminas generales la temperatura aumenta con la profundidad. Sin embargo cerca de la superficie las rocas pueden ser sometidas a una gran temperatura y calor cuando son penetradas y modificadas por material fundido (magma) que asciende. Cerca de la superficie o en ella, la diferencia de temperatura entre el magma que asciende y emerge, y la roca huésped que será sujeta a metamorfismo, indica altas temperaturas y baja presión (Baamonde, J., 2006).

3.2.3.2 Presión y esfuerzo

La presión aumenta con la profundidad y las rocas enterradas son sometidas a una fuerza, o esfuerzo cada vez mayor, ejercida por la carga de encima. Esta presión de confinamiento es similar a la presión hidrostática, donde la fuerza se aplica igualmente en todas las direcciones. Además, la presión de confinamiento las rocas son sometidas a fuerza tectónica direccional, denominadas esfuerzos diferenciales, durante la formación de montaña. Estos esfuerzos diferenciales son de tipo

compresivo cuando actúan para acortar el volumen de la roca y de tensión cuando alarga o separa las masas rocosas (Baamonde, J., 2006)

3.2.3.3 Fluidos químicamente activos

El fluido más importante es el agua ya que contiene iones en solución. El agua se encuentra en los poros y fractura y muchos minerales están hidratados (tienen agua asociada mediante enlaces químicos). Durante el enterramiento profundo la compactación cada vez mayor de las rocas promueven la expulsión del agua y se originan las reacciones químicas en el entorno. Las rocas hidratadas son deshidratadas por el calentamiento y el agua liberada actúa como un catalizador al promover la migración iónica. En algunos casos, el agua promueve la recristalización de nuevos minerales (Baamonde, J., 2006).

3.2.4 Foliación

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

3.2.4.1 Textura foliada

Son aquellas que dependiendo de la roca original, el metamorfismo y las intensidades de aumento en la temperatura y presión, originaran foliación, esquistosidad y bandeamiento (Baamonde, J., 2006).

3.2.4.2 Textura no foliada

No todas las rocas metamórficas tienen texturas foliadas o bandeadas. Las rocas metamórficas compuestas por un solo mineral, cuyos cristales se caracterizan por tener un habito equidimensional, suelen tener una foliación no apreciable a simple vista. El mejor ejemplo es el de la caliza que con el metamorfismo se convierte en mármol (Baamonde, J., 2006).

3.2.5 Tipos de metamorfismo

Atendiendo al proceso causante del metamorfismo, estos se pueden clasificar de la siguiente manera: metamorfismo regional, que incluye el metamorfismo orogénico y el de enterramiento; metamorfismo de contacto; metamorfismo hidrotermal; metamorfismo cataclástico; metamorfismo de choque (Jiménez, J., 2006).

3.2.5.1 Metamorfismo cataclástico

Es el tipo de metamorfismo en el que intervienen fuerzas mecánicas. Es el tipo menos común de metamorfismo y de proporciones menores. El cual se desarrolla a lo largo de las zonas de fallas. Las rocas se fracturan, rompen y pulverizan conforme las rocas situadas en los lados opuestos de una falla se trituran al producirse el desplazamiento de esta. Este proceso origina una roca poco consistente formada por fragmentos de rocas generalmente aplastados por el proceso denominado brecha de falla. Cuando este tipo de metamorfismo o deformación se produce a grandes profundidades, las rocas se deforman por poseer mayor ductilidad, generando granos alargados que proporcionan un aspecto foliado o lineado. Estas rocas se denominan milonitas (Baamonde, J., 2006).

La expresión zonas de cizallamiento es usada para caracterizar regiones de la corteza terrestre generalmente estrechas, subparalelas y que están contenidas en un plano regional, en donde son registradas altas tasas de deformación (Ordoñez, O., 2000).

El metamorfismo cataclástico se puede desarrollar en cualquier tipo de roca y se da a lo largo de planos o zonas de falla, como resultado de deformación intensa en la zona inmediata del movimiento, generando áreas planas relativamente estrechas donde se da una fuerte trituración de la roca o deformación frágil hasta una deformación dúctil entre las rocas encajantes menos deformadas, a lo largo de las cuales, los marcadores como bandas o diques son dislocados. La deformación o comportamiento frágil se asocia a la formación de discontinuidades (fracturas) y pérdida de cohesión interna de las rocas, en otras palabras la roca se fractura. Por otro lado, el comportamiento dúctil se refiere a la distribución “suave-uniforme” de la deformación a través de una masa rocosa sin la pérdida de cohesión, la roca se deforma “plásticamente”, se recrystaliza pero no se fractura (Ordoñez, O., 2000).

Una roca puede ser deformada o afectada dinámicamente de diversas formas, lo cual, va a depender de la interacción de factores externos y de los inherentes a ella, con ello una misma falla presenta diferentes comportamientos de una roca u otra o incluso cuando afecta a la misma unidad. Entre los factores que se destacan están: tamaño del grano, composición y tipo de roca, orientación preferencial de la red cristalina, porosidad, permeabilidad, densidad, estructuras presentes en la roca (esquistosidad, bandeamiento, etc.). Temperatura y presión litostática local, composición y presión de los fluidos metamórficos (Ordoñez, O., 2000).

La clasificación, definición y las características de las rocas generadas en las zonas de intensa deformación se basa en la combinación de lo propuesto por Wise et al., (1984) quienes consideran la competencia entre la tasa de deformación y la de

recuperación y lo sugerido por Sibson (1977) basado en la proporción de clastomatrix de las rocas generadas por fallamiento. Para establecer esta relación se considera matriz al material fino (<0.06 mm) y clastos a los fragmentos minerales o de roca con diámetros >0.06 mm (Ordoñez, O., 2000).

3.2.5.2 Zonas de fallamiento

- Zona de fallamiento frágil: puede alcanzar de 3 a 4 km de profundidad, las condiciones de temperatura y presión no son suficientes para posibilitar la recrystalización de las rocas y el mecanismo de deformación que predomina es la cataclasis (fragmentación o ruptura de la roca). Por consiguiente, la roca es fracturada desde incipiente hasta intensamente, generándose variados tipos de rocas, denominadas cataclasitas o brechas. Este tipo de roca o material es formado por una cantidad variable de fragmentos de granos y de litoclastos generalmente angulares, cementados con fragmentos más finos (matriz) y por el material proveniente de fluidos que se introducen por el plano de falla (Ordoñez, O., 2000).

La roca se clasifica de acuerdo a la cantidad de matriz generada durante la cataclasis en los siguientes tipos: brecha o protocataclasita: 10 a 50% de matriz; microbrecha o cataclasita: 50 a 90% de matriz; ultracataclasita o gouge (salvanda, jaboncillo o arcilla de falla): $>90\%$ de matriz. Este material mezclado con agua genera zonas localizadas y de poco espesor en donde aparece un material pastoso, en general semejante a una arcilla (Ordoñez, O., 2000)

- Zona de fallamiento dúctil – frágil: a partir de la zona de cizallamiento dúctil -frágil y hasta la zona de fallamiento frágil y por fusión local de la roca a lo largo de un plano de falla frágil, se forma una pseudataquilita debido al calor generado por el movimiento fraccional (importante la temperatura), o posiblemente, en algunos casos, por cataclasis intensa (importante presión). El pequeño volumen de

material fundido y generado se enfría rápidamente, influenciado por la temperatura de la roca huésped, generándose finas vetas de material fino o vítreo (de ahí el término pseudotaquilita) en las cuales pueden aparecer fragmentos aislados principalmente de cuarzo y feldespato. Los contactos de la pseudotaquilita con la roca huésped son bruscos, inclusive en sección delgada (Ordoñez, O., 2000).

Generalmente, la pseudotaquilita ocurre en rocas macizas, secas, poco porosas, como gabro, gneis y anfibolita. En rocas porosas, el fluido presente baja la presión normal efectiva sobre el plano de falla en calentamiento y consecuentemente no se puede producir suficiente calor friccional para causar una fusión local. De este modo, una pseudotaquilita difícilmente se forma en rocas sedimentarias porosas. Como el evento que genera una pseudotaquilita es de corto tiempo, existe la posibilidad de realizar una datación y así identificar el momento en el cual una falla libero la energía para permitir la generación de este tipo de roca. La zona en donde pueden ser encontradas este tipo de rocas estaría ubicada a una profundidad entre 4-15 km (Ordoñez, O., 2000).

- Zona de fallamiento dúctil: en la zona de cizallamiento dúctil, la deformación y recuperación son altas y los procesos de recristalización y rehomogenización son los predominantes. De forma general, a este dominio se asocian rocas generadas a profundidades superiores a 10 km. El término básico para las rocas que se generan en estas condiciones son las milonitas que es una roca dura (material consistente, competente y resistente al choque mecánico), la cual presenta una foliación al menos microscópica, de grano generalmente fino y en la cual los granos preexistentes fueron deformados y recristalizados (Ordoñez, O., 2000).

Algunos de los criterios para reconocer las milonitas son: foliación anastomosada (gran heterogeneidad de la deformación); reducción del grano en relación a las rocas adyacentes (encajantes); fuertemente foliadas y alineadas. Cuando

estas rocas son ricas en filosilicatos (micas) se producen una milonita fuertemente laminada conocida como filonita (Ordoñez, O., 2000).

3.2.6 Reacciones metamórficas en rocas carbonatadas

El metamorfismo de las rocas carbonatadas cuarzosas proporciona interesantes ejemplos de reacciones metamórficas. La presencia de dolomías silíceas, así como de calizas dolomíticas silíceas, es generalizada, mientras que la de sedimentos con magnesita es muy rara (Winkler, 1975).

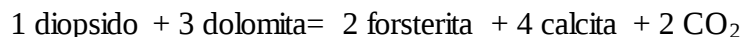
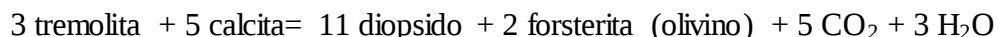
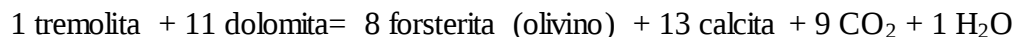
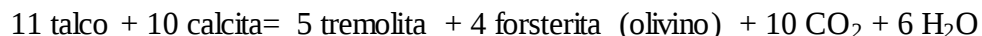
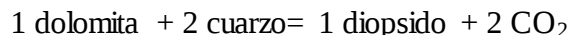
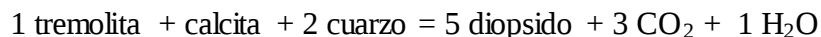
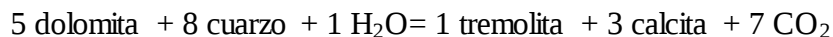
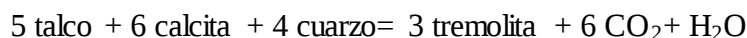
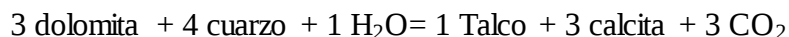
Eskola (1922) y, más tarde, Bowen (1940) llevaron a cabo un estudio sistemático de la secuencia de reacciones que tienen lugar en las rocas carbonatadas, en respuesta a una temperatura creciente a presión determinada de CO_2 . Se dedujo así la siguiente sucesión de minerales, bien conocidos en el metamorfismo progresivo: tremolita, forsterita, diópsido, wollastonita, periclasa (brucita), monticellita, akermanita, espurrita, mervinita, larnita y otros. A esta secuencia, Tilley (1948) añadió el talco como mineral formado a temperatura inferior, incluso a la de tremolita. En contraposición a lo que se ha pensado por mucho tiempo, recientemente se ha establecido que la formación de talco es un fenómeno bastante común en el metamorfismo de dolomías silíceas (Winkler, 1975).

Las reacciones metamórficas en rocas carbonatadas silíceas liberan CO_2 , pero puesto que el agua es un componente presente ya en la roca con anterioridad al metamorfismo no puede pensarse en la presión de CO_2 y la temperatura como factores exclusivos del mismo. Aparte de la temperatura han de tenerse en cuenta la presión total de fluido (suma de las presiones parciales de CO_2 y H_2O) y la relación entre las dos presiones parciales (o fracción molar bien del CO_2 o del H_2O). Por ello, en la mayor parte de las reacciones en las que participan carbonatos, el equilibrio es (como mínimo) divariante. Esto es aplicable incluso al caso en que no participe el

H₂O en la ecuación de la reacción ya que este constituyente está siempre presente en la fase fluida contenida en los metasedimentos (Winkler, 1975).

3.2.6.1 Metamorfismo de calizas dolomíticas silíceas

Las rocas formadas por cuarzo, dolomita y una de las dos, calcita o magnesita, se mantienen inafectadas durante el metamorfismo de muy bajo grado. En condiciones de bajo grado (a temperaturas no bien definidas y, por tanto normalmente no coincidentes con el comienzo de dicho grado) algunos minerales comienzan a reaccionar, mientras que en alto grado tienen ya lugar numerosas reacciones (Winkler, 1975).



En cada reacción, la composición de las cuatro fases solidas y de la fase gaseosa puede expresarse mediante los cinco componentes: CaO, MgO, SiO₂, CO₂ Y H₂O. Aunque el H₂O no participa como componente, en algunas fases será corrientemente constituyente de la fase fluida presente durante el metamorfismo, razón por la que debe ser considerada como componente en todos los casos. A partir de la regla de fases:

$$\text{Varianza} = \text{componentes} + 2 - \text{fases}$$

Se deduce que un sistema de cinco fases y cinco componentes tiene una varianza de 2, por lo que consecuentemente, las 15 reacciones anteriores son divariantes (Winkler, 1975).

Los diagramas ACF son muy adecuados para representar paragénesis de minerales magnésicos, aluminios, ferruginosos, cálcicos y ricos en calcio, esto es minerales típicos de los mármoles y rocas maficas metamórficas (Winkler, 1975) (Figura 3.1).

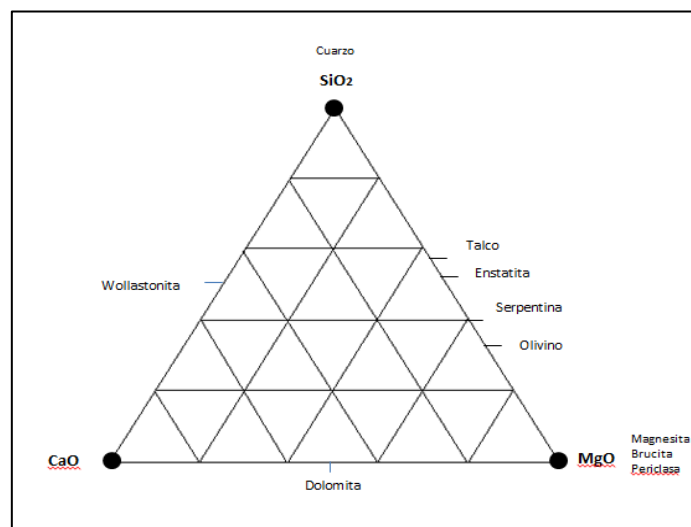


Figura 3.1 Diagrama ACF (Winkler, 1975).

3.2.7 Fallas

Las fallas son fracturas en la corteza a lo largo de las cuales se ha producido un desplazamiento apreciable. Las fallas en que el movimiento es fundamentalmente vertical se denominan fallas con desplazamiento vertical. Estas fallas incluyen las normales y las fallas inversas. Las fallas inversas de poco ángulo se denominan cabalgamientos. Las fallas normales indican esfuerzos tensionales que separan la corteza. A lo largo de los centros de expansión de las placas, la divergencia puede hacer que un bloque central, denominado “graben”, limitado por fallas normales, desciende a medida que las placas se separan (Tarbuck, E., 2005).

3.2.7.1 Falla inversa

Las fallas inversas o cabalgamientos indican que están actuando fuerzas compresivas. Se encuentran grandes cabalgamientos a lo largo de las zonas de subducción y de otros bordes convergentes donde colisionan las placas. En regiones montañosas como los Alpes, los cabalgamientos han desplazado estratos hasta de 50 kilómetros por encima de unidades rocosas adyacentes (Tarbuck, E., 2005).

3.2.7.2 Diaclasas

Las diaclasas son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Suelen aparecer en grupo con orientaciones aproximadamente paralelas y son consecuencia de la fracturación frágil de rocas localizadas en la corteza más externa (Tarbuck, E., 2005).

3.2.7.3 Dirección y buzamiento

La orientación de los estratos o de las superficies de fallas se establece mediante la dirección y el buzamiento. La dirección, es la orientación con respecto al norte magnético de una línea generada por la intercepción de un estrato de roca inclinado o de una falla con un plano horizontal. El buzamiento, es el ángulo de inclinación de la superficie de un estrato o de una falla medida desde un plano horizontal (Tarbuck, E., 2005).

3.2.8 Mecanismos de deformación

Existen varios mecanismos de deformación posibles, que pueden ser clasificados en dos grandes grupos: primarios y secundarios. Se llaman mecanismos o modos primarios de deformación a aquellos en los que se preservan la continuidad de la red cristalina. Eso no quiere decir que todos los enlaces se mantengan sin cambios, pues eso es imposible cuando existe deformación permanente. Por el contrario, algunos enlaces se han roto pero los átomos se han unido a otros átomos. El cristal se ha deformado, pero la red cristalina no muestra discontinuidades (Catalan, J., 2002).

Otro modo primario de deformación, el maclado, que consiste en que una parte de la red sufre un cambio de orientación que es como la imagen especular de la red cristalina no modificada. En este caso, es la orientación de algunos de los enlaces la que se ha modificado sustancialmente, lo que ha permitido el cambio de forma del cristal (Catalan, J., 2002).

Los modos primarios de deformación se subdividen en dos tipos: translación y difusión. Los mecanismos por translación son el maclado y el deslizamiento intracristalino. Los mecanismos de difusión son los llamados creep de Nabarro-

Herring y creep de Coble y pueden incluirse dentro de ella los mecanismos denominados de disolución-cristalización (Catalan, J., 2002).

Los mecanismos o modos secundarios de deformación son los que introducen discontinuidades en la red cristalina, es decir, que esta resulta parcialmente destruida. Si las discontinuidades son irregulares y separan el primitivo cristal en dos o más fragmentos que no comparten ningún átomo, se denominan microfracturas y suelen ser irregulares. Se producen cuando se alcanza el esfuerzo límite de rotura o al final de un proceso de creep acelerado. El mecanismo de fracturación natural de los granos y rocas se denomina cataclasis, termino derivado del griego que significa rotura producida a cierta profundidad, es decir, en el interior de la Tierra (Catalan, J., 2002).

Otro modo secundario es el mecanismo denominado “kinking”, que consiste en la formación de kink-bands en los granos. La superficie axial de cada kink, llamada límite de kink (“kink band boundary”) es un plano de discontinuidad que separa dos fragmentos del grano primitivo con su estructura cristalina continua. La discontinuidad suele ser plana, o casi, y pueden existir algunos átomos comunes a la red de los dos flancos del kink (Catalan, J., 2002).

3.2.9 Afloramiento

Es todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre. Generalmente las rocas se hallan cubiertas por los materiales descompuestos y el trabajo de campo por la búsqueda de los afloramientos constituye una de las principales tareas de los geólogos (Catalan, J., 2002).

La investigación de los afloramientos utilizando las fotografías aéreas y las imágenes de satélite representa una gran economía de tiempo en el trabajo de campo. El geólogo debe partir al campo teniendo conocimiento donde se puede encontrar los

mejores afloramientos (peñascos, barrancos, acantilados, etc.) con el objetivo de realizar su trabajo de la manera más rápida. También se considera como afloramiento, todo tipo de trabajo realizado por el hombre que permite conocer los materiales que se hallan en el subsuelo, ej. excavaciones, galerías, canteras, cortes de carreteras, sondajes diamantinos (Catalan, J., 2002).

3.2.10 Análisis petrográfico

Este análisis se realiza con el propósito de estudiar las rocas de la corteza terrestre describiendo su textura, color, dureza, tamaño del grano y minerales presentes.

Para realizar el análisis petrográfico es necesario el estudio macroscópico y microscópico de la roca, los cuales emplean diversas herramientas, para los macroscópicos se utiliza generalmente lupas de poco aumento y para los microscópicos se emplean equipos ópticos, este último requiere la realización de una sección delgada consistiendo está en un corte de roca, la cual es adelgazada a un espesor tal que la luz se pueda transmitir a través de esta, la sección delgada se emplea para estudiar los minerales con el fin de su identidad, su tamaño, su abundancia, distribución y relaciones textuales, así como conocer el porcentaje o la cantidad en que pueda presentarse dicho mineral en las muestras analizadas (INGEOMIN, 2005).

3.2.10.1 Sección delgada

Preparación óptica de un mineral o roca consistente en una fina lamina adherida mediante bálsamo de Canadá a un portaobjetos y convenientemente pulida hasta alcanzar aproximadamente un espesor de 0.03mm (INGEOMIN, 2005).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Basándose en la acotación que hace Fidias Arias (1999), la “investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación”.

Para la realización de este estudio fue necesario realizar un trabajo de campo mediante el cual se describieron aspectos geológicos presentes, además se realizó una recolección de muestras para su posterior descripción petrográfica, lo cual nos permitió obtener resultados más certeros.

4.2 Diseño de la investigación

Fidias Arias (1999) enuncia: “La investigación de campo: consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”.

Debido a la forma de enfocar el problema, las estrategias o métodos a aplicar en el mismo para la consecución de los objetivos planteados, se puede establecer que el diseño de la investigación fue de campo debido a que se desarrolló a partir de la recolección de muestras tomadas directamente en el área de estudio.

4.3 Población de la investigación

Una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación (Balestrini, 1.997).

La población se basa en los afloramientos rocosos que se encuentran ubicados en la carretera Vía El Manganeso, municipio Piar, estado Bolívar.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población (Arias, 2006)

En este caso se tomaron en cuenta para representar la población un total de cinco (5) muestras de rocas ubicadas en la carretera vía El Manganeso (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Muestras de rocas obtenidas en la investigación.

Muestra	Norte	Este
MS-1	880466	587426
MS-2	879538	583529
MS-3	881520	594186
MS-4	881475	593659
MS-5	882300	594259

4.5 Etapas en la ejecución del trabajo

El trabajo se realizó a partir de tres etapas diferentes, la primera etapa basada en una recopilación documental y cartográfica; la segunda etapa de campo, en donde se delimitó y se realizó un reconocimiento del área, así como la toma de coordenadas, mediciones estructurales y la recolección de las muestras; por último se realizó una etapa de oficina en la que se ejecutaron análisis de laboratorio que permitieron un mejor análisis de los datos obtenidos en campo para luego plasmarlos en un informe final (Figura 4.1).

4.5.1 Recopilación documental y cartográfica

Esta primera etapa de recopilación de información se realizó con el propósito de profundizar y ampliar el conocimiento del área de estudio, tomándose en cuenta la información de trabajos anteriores realizados en zonas adyacentes a la zona de estudio de este trabajo.

En esta etapa se realizó la consulta de toda la información tanto bibliográfica como cartográfica existente en el área de estudio, que sirve de base en la elaboración del trabajo de grado y para plantear la visita de campo.

En la parte bibliográfica fueron analizados informes de avance y técnicos de CVG TECMIN, CA, textos académicos y toda esta recopilación se realizó en la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

En la parte cartográfica se obtuvo la hoja escala de 1:100.000 de Cartografía Nacional 7739, la cual fue recopilada en INGEOMIN, Ciudad Bolívar.

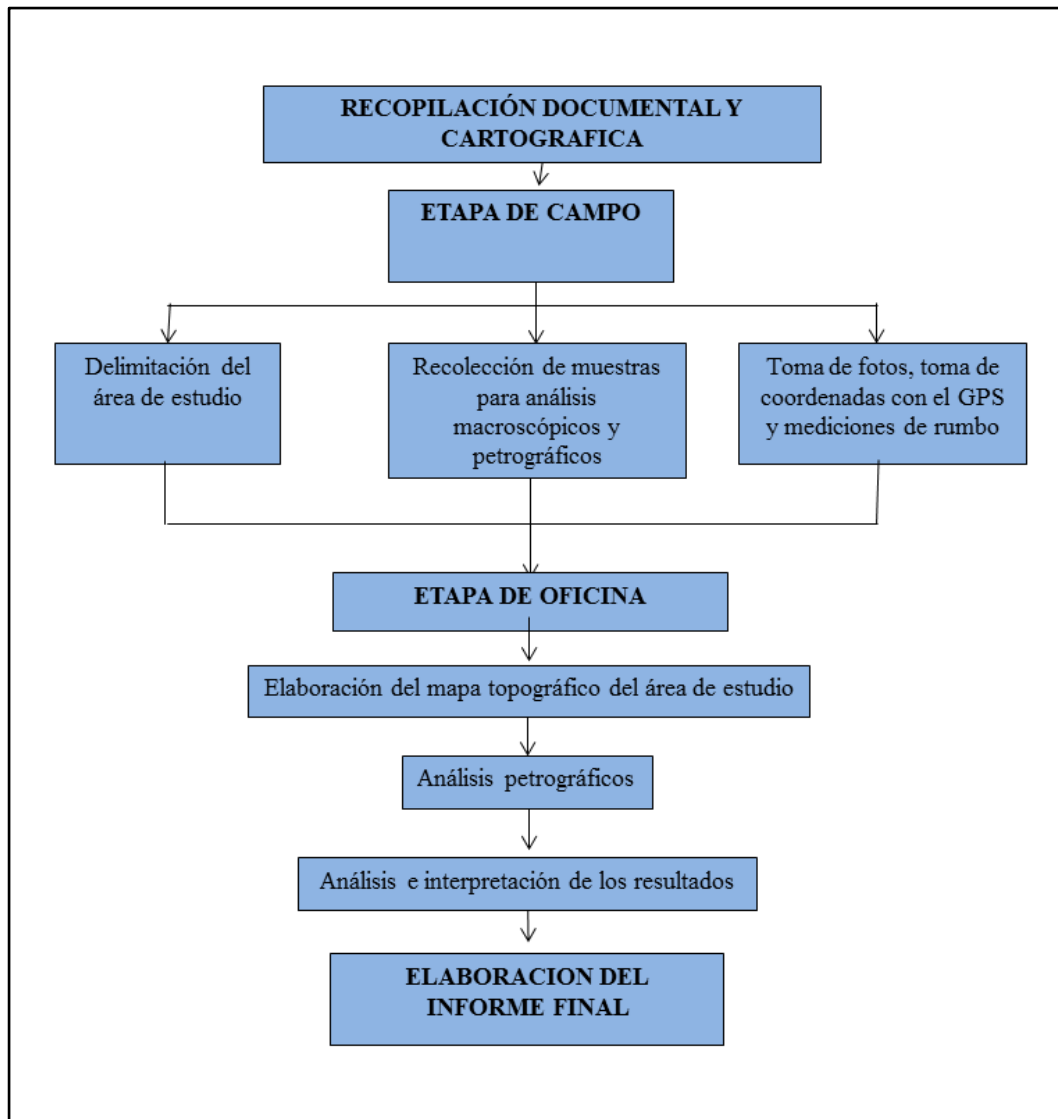


Figura 4.1 Flujograma metodológico.

4.5.2 Actividades de campo

Las actividades de campo comprendieron aquellas realizadas directamente en el área de estudio.

Se hizo una salida de campo al área de estudio mediante un carro particular, en esta visita se permitió observar los afloramientos cercanos a la vía,

recolectando muestras, tomando fotografías y realizando varias mediciones geológicas - estructurales. No todas las muestras se tomaron en afloramientos aledaños a la vía, en algunos casos se procedió a caminar sabana adentro para conseguir afloramientos y así obtener muestras y fotografías (Figura 4.2).



Figura 4.2 Visión del afloramiento encontrado sabana adentro.

4.5.2.1 Delimitación del área de estudio

El área de estudio fue delimitada mediante los mapas cartográficos en los cuales se observan relieves, vialidades y ríos. Para determinar el área de la exploración geológica se usó la hoja geológica NB-20-3 de CVG TECMIN C.A. en la que se representan diferentes litologías y rasgos estructurales. La ubicación de los puntos de referencias permitió calcular el área aproximada, en hectáreas, de la zona de interés.

4.5.2 Toma de fotos, toma de coordenadas con el GPS y mediciones estructurales

Durante la visita a campo se registraron diversas actividades a través de la toma de fotos con cámara digital. Las mediciones estructurales se obtuvieron utilizando una brújula marca Brunton, a su vez se tomaron coordenadas para la ubicación cartográfica de las muestras recolectadas en campo mediante el uso de un GPS navegador marca Garmin (Figuras 4.3 y 4.4)



Figura 4.3 Brújula utilizada en campo para las mediciones estructurales.



Figura 4.4 Mediciones de rumbo a través de la brújula.

4.5.2.3 Recolección de muestras para análisis macroscópicos y petrográficos

Durante el reconocimiento del área se tomaron muestras de rocas representativas de las diferentes unidades que afloran en la Carretera Vía el Manganeso en base a las diferentes variaciones texturales y mineralógicas presentes en cada una de ellas, tomando un total de cinco (5) muestras para la realización de los respectivos análisis petrográficos con la finalidad de realizar la caracterización geológica y mineralógica de la zona.

Las muestras de rocas fueron extraídas por métodos de percusión, utilizando la mandarría, mientras que las muestras más frágiles fueron extraídas utilizando un martillo (Figura 4.5 y 4.6).



Figura 4.5 Mandarría utilizada para extraer muestras de rocas.



Figura 4.6 Extracción de muestras utilizando el método de percusión.

Todas las muestras recolectadas fueron registradas según su ubicación en el mapa cartográfico y los datos relacionados a cada una de ellas fueron anotados en una libreta de campo, luego fueron guardadas en bolsas de plásticos resistentes e identificadas con la nomenclatura elegida.

El análisis macroscópico consistió en tomar nota de las características visuales (coloración) y texturales (presencia de bandeamiento y tamaño de los granos) de las rocas, además de la identificación de los minerales constituyentes.

4.5.3 Actividades de oficina

Una vez culminada la etapa de campo se procedieron a realizar actividades de oficina relacionadas con la elaboración de los mapas del área y la ejecución de análisis a las muestras obtenidas.

4.5.3.1 Elaboración del mapa topográfico del área de estudio

El mapa de estudio fue digitalizado mediante el programa Autocad tomando como mapas base la hoja de Cartografía Nacional 7739 a escala 1:100.000 y la hoja geológica NB-20-3 perteneciente a CVG TECMIN C.A. Luego se plotearon los puntos tomados en campo para así ubicar afloramientos levantados durante este estudio y las correlaciones necesarias para definir las diferentes unidades geológicas y rasgos estructurales (Anexo 1).

4.5.3.2 Análisis petrográfico

En esta etapa se realizó la selección de muestras recolectadas en campo, la cual fueron procesadas y analizadas en los laboratorios del Instituto Nacional de Geología y Mina (INGEOMIN), en Ciudad Bolívar.

Para los respectivos análisis petrográficos se realizaron los siguientes pasos: los cortes de las rocas, las secciones finas, caras pulidas y microfotografías de las muestras, estas fueron realizados en el laboratorio del Instituto Nacional de Geología y Mina INGEOMIN en Ciudad Bolívar durante los meses de Marzo y Abril de 2013.

El proceso para el corte de las rocas es a través de la utilización de una sierra mineralógica, con la cual se obtiene una tajada o rebanada de roca con dimensiones adecuadas de unos 2 cm² y 3 mm de espesor. Se monta en un portaobjetos con Bálsamo de Canadá; una vez secada y pegada al portaobjetos se procede a un desgaste mecánico generalmente con polvos abrasivos que pueden ser Carborundum o Polvo de Diamante, hasta reducir la rebanada de roca corta a 0,03 mm de espesor, finalmente se cubre con un cubreobjetos. Las preparaciones de las secciones, una vez montadas, se examinan con luz transmitida en el microscopio polarizante.

Es necesario destacar que la muestra MS-3 al momento de ser sometida a cortes de roca por parte del Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMIN), esta debido a su alta meteorización se pulverizo, lo cual impidió su estudio y análisis petrográfico.

4.5.3.3 Análisis e interpretación de los resultados

Una vez terminadas todas las etapas que conforman la metodología del trabajo, se ejecutó el análisis y la organización definitiva, en la medida de lo posible, de toda la información recopilada tanto en oficina como en la fase de actividades en campo.

4.5.4 Elaboración del informe final

Finalmente en un informe escrito se fundamentó el tipo de investigación, técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicha investigación. Se procedió con el análisis de los resultados obtenidos en INGEOMIN Ciudad Bolívar a las muestras recolectadas, junto a la información proveniente de mediciones estructurales y el levantamiento geológico, los cuales me permitieron redactar las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Geología del área de estudio

La geología del área de estudio se caracteriza por ser ígneo - metamórfica, debido a que los afloramientos presentes en ellase encuentran principalmente constituidos por una secuencia de rocas ígneo - metamórficas de composición granítica cuarzo feldespática, dichos afloramientos se ubican principalmente hacia la zona sur del área de estudio que corresponde a la margen derecha de la carretera, en sentido El Manganeso, dichos afloramientos forman parte de una asociación de cerros (Cerro Santa María, Cerro Curagual y Loma Las Mulas) que fisiográficamente representan una fila (Figura 5.1) (Anexo 2).



Figura 5.1 Fila montañosa constituida de rocas ígneo metamórficas de carácter granítico cuarzo feldespáticos.

Por su parte la margen izquierda de la mencionada carretera corresponde a una planicie donde reposan los sedimentos provenientes de la meteorización de los terrenos elevados descritos anteriormente, y a su vez recubren una unidad de gneises migmatíticos y migmatitas meteorizadas (Figura 5.2).



Figura 5.2 Planicie conformada por los sedimentos de las rocas del área.

Hacia la zona noreste del área de estudio encontramos un talud correspondiente a una explotación conocida como cantera El Manganeso, dentro de esta zona resaltaba un cuerpo rocoso que como se describirá a continuación corresponde a un mármol (Figura 5.3).

Los sedimentos producto de la intensa meteorización y posterior erosión son transportados y depositados en la zona por las aguas de escorrentías y encauzadas, siendo común encontrar en las quebradas sedimentos y a su vez rocas expuestas y altamente meteorizadas (Figura 5.4).

El área de estudio se encuentra enmarcada por rasgos tectónicos, específicamente zona de fallas donde se presentan diferentes etapas de metamorfismo incluido el de origen cataclástico asociado a la Falla de Guri. Las rocas en cuestión han sufrido diferentes periodos de deformación, fracturamiento y

cizallamiento producto de un metamorfismo regional. Del mismo modo se evidencia la presencia de diques de carácter máfico, específicamente anfibolitas (Figura 5.5).



Figura 5.3 Mármol encontrado en la explotación conocida como cantera El Manganeso.



Figura 5.4 Afloramiento expuesto por el curso de una quebrada.



Figura 5.5 Dique de anfibolita expuesto al lado de la carretera.

5.2 Litologías presentes en el área de estudio

El área de estudio está constituida por una secuencia de rocas ígneo metamórficas de composición cuarzo feldespáticas de carácter granítico, sobre las cuales se han suscitados diferentes efectos de deformación pasando de un estado leve a rocas gnéisicas y cataclásticas en sentido Oeste - Este; a su vez en menor medida se encuentra una unidad de roca metamórfica representada por un mármol. Otra unidad litológica menor está constituida por un dique de anfibolita que se encuentra cercana al contacto entre las dos unidades descritas anteriormente. El área norte del área de estudio no reporto afloramientos significativos, más se presume por la geología regional del area que se traten de rocas gnéisicas y migmatíticas rebajadas por los efectos de la meteorización y erosión, actualmente recubiertas por sedimentos.

5.2.1 Gneis cuarzo feldespático (Muestra MS-1)

A simple vista es una roca dura, homogénea de grano fino y algunos gruesos, de hasta 10 mm, en general la roca es de color beige con partes rosáceas y tonos negros, por la presencia de minerales micáceos presentes que bordean a los granos gruesos. Posee una estructura orientada foliada (Figura 5.6).

5.2.1.1 Descripción microscópica (Muestra MS-1)

La muestra presenta una textura Gnéisica, formada por paquetes de minerales laminares orientados, deformados y bandeados, que intercalan con mosaico de cristales de tamaño medio a fino, mayormente xenoblásticos, escasos hipidioblástico. Presenta una estructura bien orientada (Figura 5.7, 5.8 y 5.9).

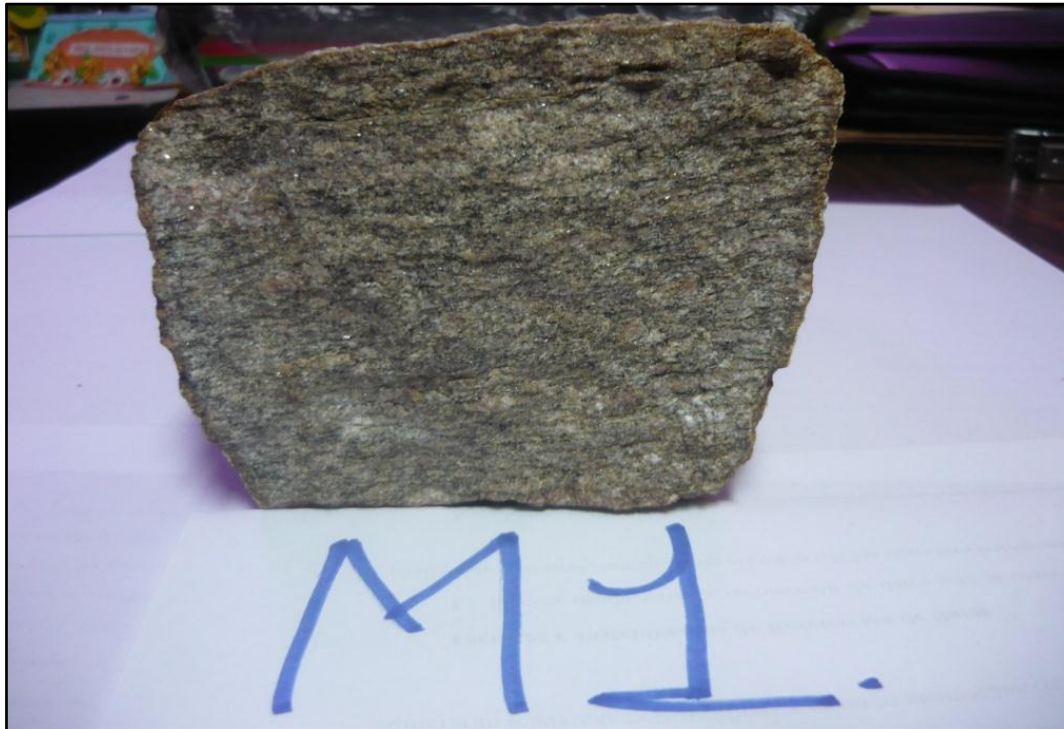


Figura 5.6 Muestra de mano MS-1, gneis cuarzo feldespático.

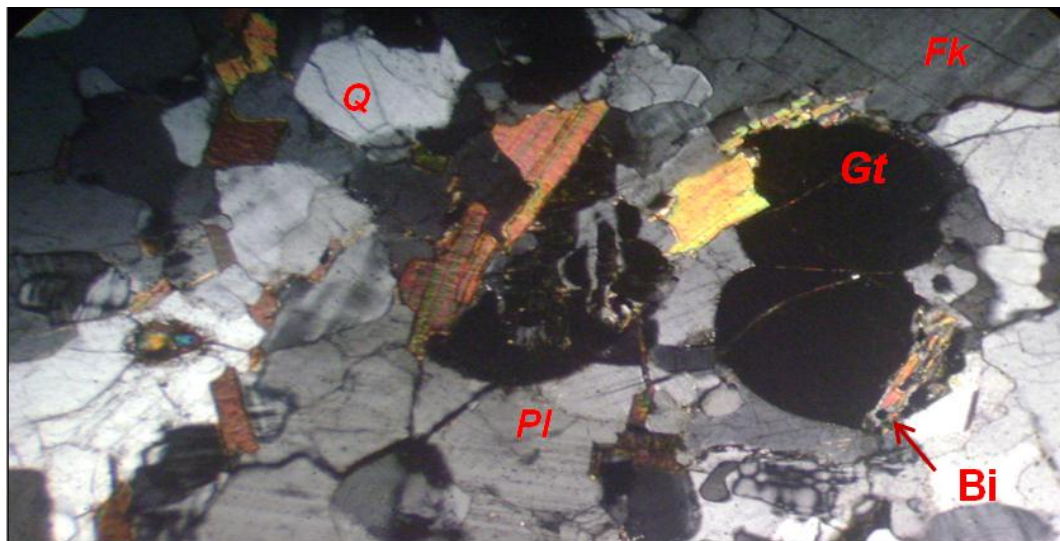


Figura 5.7 Muestra MS-1 (NX) 10X/4X: Se observa cristales de cuarzo (Q), feldespato (Fk), plagioclasas (Pl), mica biotita (Bi) y granate (Gt) fracturado y relleno por mica biotita siendo sustituida por esta.

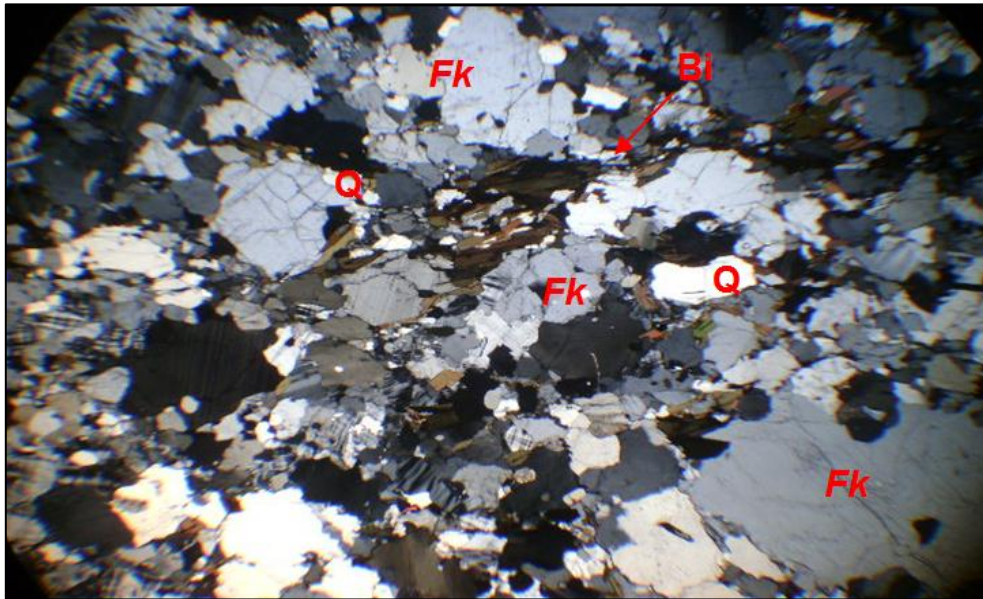


Figura 5.8 Muestra microscópica MS-1 (NX) 10X/4X: textura gnéissica, formada por cristales bien orientados, de tamaño medio hasta fino, se observa cuarzo (Q), feldespato alterado (Fk) intercalados con paquetes de mica biotita (Bi) orientada y deformada.



Figura 5.9. Muestra MS-1(N//) 10X/4X: Se observa cristales de granate (Gt) muy fracturado y relleno por mica Biotita (Bi) siendo sustituida por esta.

5.2.1.2 Descripción composicional (Muestra MS-1)

La muestra está conformada en orden de abundancia decreciente por minerales como: Cuarzo (Q), Feldespato (Fk), Mica biotita (Bl), Plagioclasa (Pl) y minerales accesorios como: Granate, opacos, circón y apatito con alteración de sericita, caolinita y clorita.

Tabla 5.1. Minerales en orden de abundancia decreciente de la muestra MS-1.

Minerales Principales	(%)
Cuarzo	~45
Feldespato	~35
Mica biotita	~15
Plagioclasa	~3
Accesorios: Granate, opacos, circón y apatito. Alteración. Sericita, caolinita y clorita	~2

1. Cuarzo: se presentan de tamaño medio a fino, xenoblástico, con extinción ondulante, recrystalizado, mostrando algunos cristales migración de borde de grano, con límites de grano irregulares, algunos lobulados, en ocasiones ligeramente orientados, formando paquetes intercalados junto con la mica biotita e inclusiones de circón.

2. Feldespato: tipo microclino y microclinopertítico, en cristales xenoblásticos, de tamaño medio a fino escasos grueso, escasos con bordes lobulados, algunos saturados, deformado, recrystalizado, se observan muy alterados (caolinitizados), bordeados por cristales finos de cuarzo y plagioclasa así como también microtexturapoiquilítica con inclusiones de mica biotita, circón y cuarzo.

3. Mica: tipo biotita, en cristales tabulares, de tamaño fino a medio, forman paquetes orientados e intercalados con los minerales presentes, asociada a los opacos,

probablemente en un proceso de reemplazamiento desde sus bordes, también se observa alterada (Cloritizada) y de forma irregular.

4. Plagioclasa: probable tipo Albita, algunas con microtexturas antipertítica, mayormente en cristales xenoblásticos, de tamaño variable, que va de medio a fino, con maclas polisintéticas levemente marcadas, curvadas y deformadas, algunos cristales se observan fuertemente alterados (Sericita y caolinita), bordeadas por mica biotita, algunos cristales presentan bordes mirmekítico e inclusiones de mica y circón.

5. Accesorios: se observa granate, granudo, de tamaño fino, con fracturas rellenas de mica; hay minerales opacos, anhedrales, mayormente asociados con biotita y algunos dispersos; también se encontró circón, granudo de tamaño fino y cristales de apatito, xenoblásticos de tamaño fino.

5.2.2 Gneis cuarzo feldespático - Granito (Muestra MS-2)

Macroscópicamente es una roca dura, fresca, homogénea, de grano medio a fino, de color rosáceo con tonos blanquecinos y oscuros por la presencia de máficos. Posee una estructura orientada muy tenue que no se detecta al microscopio (Figura 5.10).

5.2.2.1 Descripción microscópica (Muestra MS-2)

La muestra presenta una textura Alotriomórfica inequigranular, formada por cristales mayormente anhedrales, de tamaño variable, con contactos lobulados y saturados (Figura 5.11, 5.12 y 5.13).



Figura 5.10 Muestra macroscópica MS-2

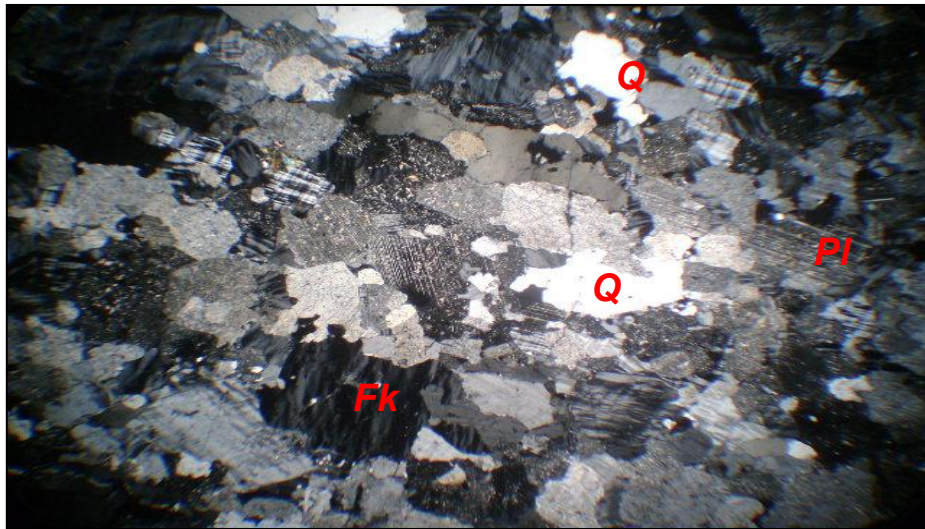


Figura 5.11 Muestra microscópica MS-2 (NX) 10X/2X: Alotriomorfa-Inequigranular donde los componentes son de tamaño variable y anhedral.



Figura 5.12 Muestra MS-2 (NX) 10X/10X: Se observa plagioclasa (Pl), totalmente sericitizada; feldespato (Fk) tipo microclino y mica muscovita (Ms).



Figura 5.13 Muestra MS-2 (N//) 10X/10X: Se observa paquetes de cristal de mica muscovita (Ms) deformada y se observa la fuerte alteración sericitica en el cristal de plagioclasa.

5.2.2.2 Descripción composicional (Muestra MS-2)

La muestra está conformada en orden de abundancia decreciente por minerales como: Plagioclasa (Pl), Feldespato (Fk), Cuarzo (Q), Mica, Minerales opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y circón con alteración de Sericita, Caolinita y clorita.

Tabla 5.2 Minerales en orden de abundancia decreciente de la muestra MS-2

Minerales Principales	(%)
Plagioclasa	~38
Feldespato	~35
Cuarzo	~20
Mica	~5
Accesorios: minerales opacos, óxidos e hidróxidos de hierro y circón. Alteración: sericita, caolinita y clorita.	~2

1. Plagioclasa: probable albita- oligoclasa, escasa es antipertita, mayormente en cristales anhedrales, de tamaño medio a fino, escasos grueso, con maclas combadas, difusas en ocasiones definidas, están total y parcialmente sericitizada, se observan en algunos bordes entrecrecimiento mirmekítico e inclusiones de mica biotita, óxidos e hidróxidos de hierro.

2. Feldespato: microclinopertítico y mesopertítico, en cristales anhedrales, de tamaño variable, algunos muy gruesos (fenocristales), mayormente muy alterados sericitizados y caolinitizados, con inclusiones redondeadas de cuarzo, algunos contactos son lobulados (con el cuarzo), y están bordeados por mica biotita.

3. Cuarzo: se presenta anedral, de tamaño variable, algunos muy gruesos (fenocristales), con extinción ondulante, recrystalizados, los de mayor tamaño se

presentan en paquetes alargados y deformados, en su mayoría presentan contactos interlobulados, están ligeramente fracturados, elongados y con inclusiones de circón.

4. Mica: tipo muscovita, en cristales tabulares, de tamaño fino a muy fino, algunas están ligeramente deformadas y flexuradas; también hay mica biotita de tamaño fino, deformada, bordes corroídos, cloritizada, bordeada por minerales opacos siendo sustituida por estos últimos.

5. Accesorios: se observan minerales opacos, algunos dispersos, otros asociados a la biotita; hay óxido e hidróxido de hierro, de tamaño fino, en ocasiones bordeando o rellenando fracturas y por último se observan circones alargados de tamaño fino.

5.2.3 Gneiscuarzo feldespático cataclástico(Muestra MS-3 / MS-4)

Macroscópicamente en el caso de la muestra de mano MS-3, es una roca dura, meteorizada, de grano fino a medio, de color beige a rosado y con finas bandas de color negro, presenta varias fracturas debido a la alta meteorización que ha sido expuesta, por esta característica al tratar de ser cortada para la realización de secciones, la misma termino disgregándose y no fue posible realizar la mencionada sección (Figura 5.14).

En el caso de la muestra de mano MS-4, es una roca dura, fresca, fracturada, de grano variable, los más gruesos, es de color rosado y presenta finas bandas de color negro orientadas que bordean a los granos gruesos (Figura 5.15).



Figura 5.14 Muestra macroscópica MS-3



Figura 5.15 Muestra macroscópica MS-4

5.2.3.1 Descripción microscópica (Muestra MS-4)

En la muestra se observa una textura granoporfidoblástica intensamente cataclástica, definida por cristales anhedrales, de tamaño medio a fino, hasta grueso (Pórfidos), los de tamaño muy fino, forma en partes una matriz o micro agregados

cristalinos, producto de la disgregación mecánica sufrida (cataclasis), por la roca, otros como producto de recristalización, los porfidoblastos se observan bordeados por cristales de tamaño más fino, orientados y entrelazados (anastomosado), todos los componentes evidencian cataclasis, ya que se presentan muy fracturados y hasta deformados, acunados en algunos casos. Esta presenta una orientación foliada (Figura 5.16).



Figura 5.16 Muestra microscópica MS-4 (NX), 10X/4X.

5.2.3.2 Descripción composicional (Muestra MS-4)

La muestra está conformada en orden de abundancia decreciente por minerales como: Cuarzo (Q), Feldespato (Fk), Plagioclasa (Pl), Mica, minerales accesorios como: minerales opacos, apatito, oxido e hidróxido de hierro y epidota con alteración de caolinita y sericita.

Tabla 5.3 Minerales en orden de abundancia decrecientes de la muestra MS-4

Minerales Principales	(%)
Cuarzo	~45
Feldespato	~30
Plagioclasa	~10
Mica	~15
Accesorios: minerales opacos, apatito, oxido e hidróxido de hierro y epidota. Alteración: Caolinita y sericita	~5

1. Cuarzo: se observan agregados policristalinos de tamaño muy fino, que bordean cristales del mismo cuarzo de mayor tamaño, estos agregados presentan contactos difusos, otros, bordes suturados y recristalización por migración de borde de grano, forman bandas de diferentes espesores intersticial con otros minerales presentes, los cristales muestran clara evidencia de cataclasis, presentan deformación (lamelas de deformación) y extinción ondulante.

2. Feldespatos: tipo microclino, algunos tipo mesopertita, en general son de tamaño variable, que va de fino a medio y hasta muy grueso (pórfidoblastos), los cristales se presentan fuertemente fracturados, cuya fracturas están rellenas de mica, deformados (lamelas de deformación), se observó cristalización por migración de borde de grano, contactos suturados, inclusiones de cuarzo, algunos levemente alterados (caolinita).

3. Plagioclasa: se observa plagioclasa, posible oligoclasa y antipertita, mayormente xenoblástica de tamaño variable, algunos cristales presentan fracturas rellenas de mica moscovita y óxidos e hidróxidos de hierro, las mismas atraviesan los cristales y se encuentran a la vez, algunos cristales muestran maclas de deformación (maclas King), además de entrecrecimiento con cuarzo y esta sericitizada.

4. Mica: tipo biotita y muscovita, en escamas de tamaño fino a medio, delgados, que se entrelazan (anastomosados) y bordean otros minerales, en los cristales de mayor tamaño se observa deformación, están combadas, deformadas y alteradas, asociada con el óxido e hidróxido de hierro.

5. Accesorios: minerales opacos, de tamaño fino y medio, anhedral, algunos rellenan fracturas y asociados con mica biotita; óxidos e hidróxido de hierro, de tamaño muy fino y epidota, de tamaño muy fino solo en un extremo de la sección.

5.2.4 Mármol (Muestra MS-5)

En muestra de mano es una roca dura, fresca, compacta, masiva, de grano muy fino de color grisáceo brillante y reacciona con ácido clorhídrico (Figura 5.17).

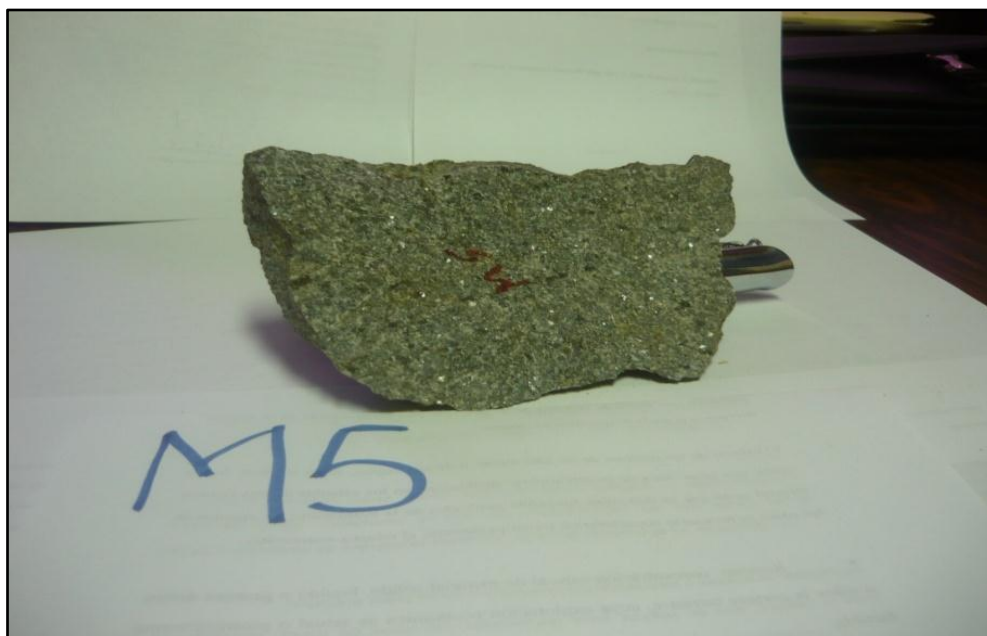


Figura 5.17 Muestra macroscópica de MS-5

5.2.4.1 Descripción microscópica (Muestra MS-5)

A la muestra se le observa una textura granoblástica inequigranular, definida por cristales anhedrales, de tamaño medio, escaso fino, empaquetados que forman mosaico microcristalino (Figura 5.18).

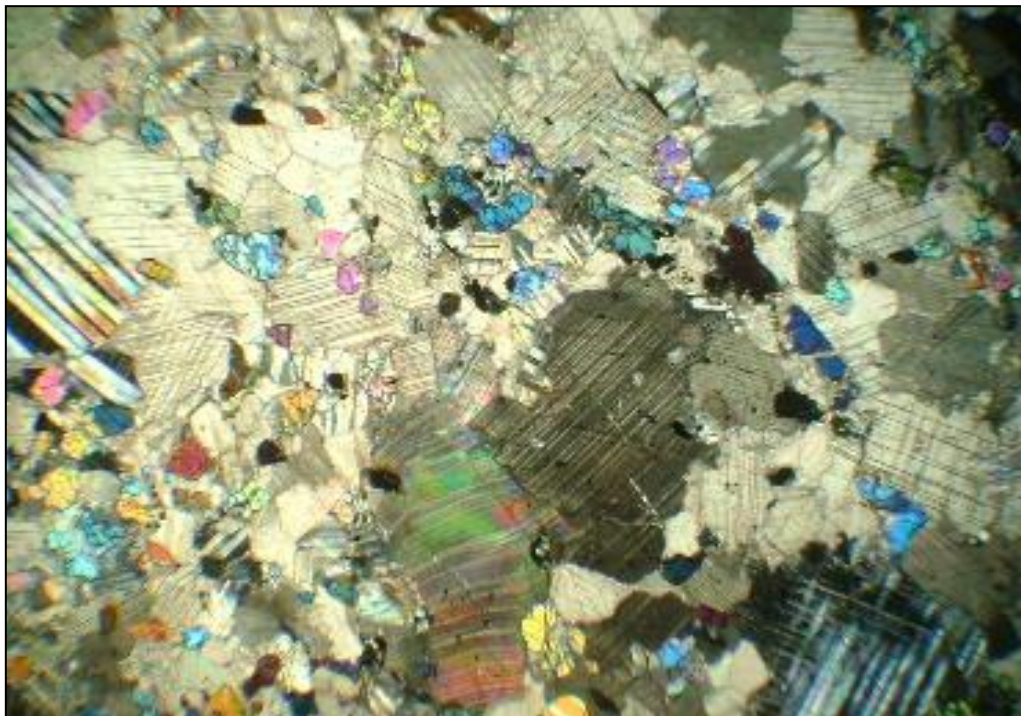


Figura 5.18 MuestraMS-5 (NX), 10X/2X Se observan cristales de carbonato (cálcita), en forma de mosaico con maclas flexuradas y cristales de olivino (Olv), granudos.

5.2.4.2 Descripción composicional (Muestra MS-5)

La muestra está conformada en orden de abundancia decreciente por minerales como: Carbonato (Calcita), Olivino (Olv), minerales accesorios como: piroxeno, muscovita y minerales opacos con alteración de Serpentina.

Tabla 5.4 Minerales en orden de abundancia decreciente de la muestra MS-5

Minerales Principales	(%)
Carbonato (Calcita)	~80
Olivino	~15
Accesorios. Piroxeno, muscovita y minerales opacos Alteración. Serpentina	~5

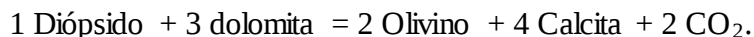
1. Carbonato: se observan cristales xenoblásticos a hipidioblásticos, de tamaño medio a fino, maclados, algunas maclas muestran deformación.

2. Olivino: Se observan granudos, xenoblásticos, de grano fino a medio, algunos cristales forman pequeños paquetes con fracturas irregulares que lo atraviesan y rellenas de serpentina, además bordeados por minerales opacos y están distribuidos heterogéneamente en la muestra.

3. Accesorios: se observa de piroxeno, de tamaño fino a medio, granudo, xenoblástico y asociados al olivino; además hay escasos cristales de moscovita, en tablillas de tamaño fino a medio; por ultimo minerales opacos de tamaño fino que bordean los cristales de olivino.

5.2.4.3 Paragénesis mineral y proceso de metamorfismo (Muestra MS-5)

La muestra MS-5 presenta características distintas a un mármol común. Basándose en la explicación de Winkler en 1975, se puede definir que la muestra MS-5 ha sufrido un proceso de desdolomitización durante el metamorfismo de MgCO_2 , teniendo como paragénesis la siguiente reacción:



Lo cual se demuestra en el siguiente Diagrama ACF (Figura 5.19).

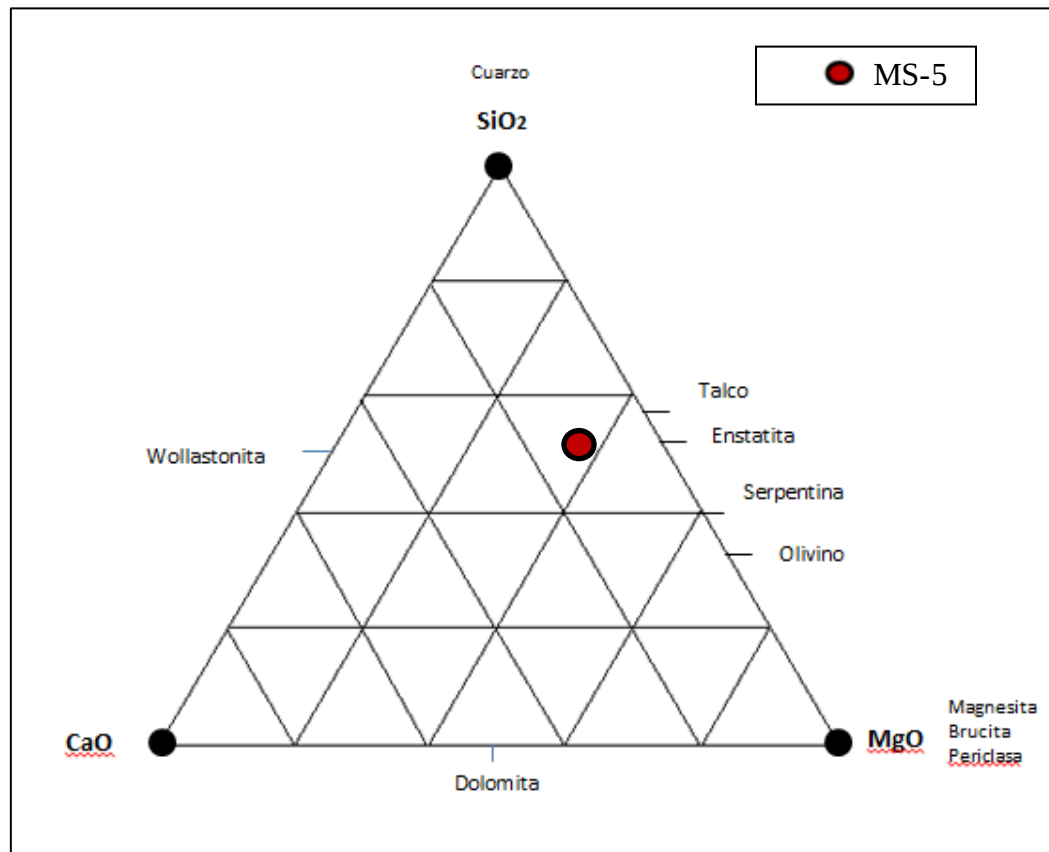


Figura 5.19 Diagrama de ACF, donde se muestra la mineralogía de MS-5.

Con respecto a la mica muscovita encontrada en MS-5 se destaca que esta suele confundirse con la Mica calco-aluminica margarita la cual se presenta en rocas metapelicas calcáreas, asociada a un metamorfismo de grado bajo.

5.2.5 Dique de anfibolita

Se tomó una muestra de mano del dique de anfibolita localizado en el área de estudio el cual macroscópicamente es una roca dura, fresca, de grano fino a medio y de color negro a gris oscuro.

5.3 Geología estructural del área de estudio

El área de estudio tiene una tendencia estructural hacia el Noroeste, la cual podemos cotejar en la foliación de las rocas aflorantes. En las cercanías de la Loma Las Mulas (E583910,N879740) la foliación de la roca (Muestra MS-1) presenta un rumbo de N20°W (Figura 5.20).



Figura 5.20 Afloramiento con foliación

Con lo que respecta al Cerro Santa María cercano a la carretera Vía el Manganeso (E583963,N879738), encontramos una roca (MS-2) con foliación vertical y Rumbo N45°W (Figura 5.21).



Figura 5.21 Afloramiento cercano a la carretera.

En la intersección de la vía El Manganeso con la vía hacia El Palmar (E594186,N881520) las rocas aflorantes (MS-4) presentan una foliación de Rumbo $N76^{\circ}W$, además de mostrar cizallamiento hacia esta dirección, que contrasta más adelante ya en la vía hacia el Palmar un cizallamiento hacia el NE (Figura 5.22).

Este último afloramiento posee la roca con mayor efecto cataclástico (MS-3) en la cual se pueden observar mucha disgregación y diferentes planos de fracturamiento (Figura 5.22).

Mientras que en el tramo izquierdo de la carretera vía El Manganeso una vez pasada la intersección con la vía hacia El Palmar (E593657,N881473), encontramos una anfibolita intrusiva masiva dentro de un cuerpo de gneis cataclástico, este cuerpo intrusivo mantenía un Rumbo de $N15^{\circ}W$ y unos 11 m aflorantes en superficie aproximadamente (Figura 5.23).



Figura 5.22 Afloramiento cercano a la vía El Palmar.



Figura 5.23 Medición del cuerpo intrusivo aflorante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El área de estudio se encuentra enmarcada por un complejo ígneo-metamórfico. A partir del levantamiento geológico se determinaron distintas unidades geológicas como: rocas gnéicas y migmatitas fuertemente meteorizadas y recubiertas de sedimentos, rocas gnéicas cuarzo feldespáticas y cataclásticas, mármol y dique de carácter mafico.

2. Con la toma de muestras de mano se observó a simple vista rocas duras y frescas con bandeamiento. Algunas de las muestras tomadas cercanas a la carretera se encuentran altamente meteorizadas.

3. Las muestras de rocas analizadas petrográficamente, presentan características propias de una zona con distintos grados de metamorfismo. En la cual se encontró Gneis Cuarzo Feldespático, Gneis Cuarzo FeldespáticoCataclástico y mármol. El contenido mineral en los Gneises Cuarzo Feldespático predomina el Cuarzo que varía entre un 45% y 20%, el feldespato potásico que varía en 30% y 20%, mica biotita se presenta en un 15% a 10% y plagioclasa en un 15% a 5%. En el mármol predomina minerales de carbonatos a un 80%, presenta un 15% de olivino y todas las muestras presentan un porcentaje de minerales accesorios de 5% a 2%.

4. Las mediciones realizadas en el área de estudio mostraron tendencias estructurales de rumbo N76°W y N20°W.

Recomendaciones

1. Seguir realizando trabajos de investigación en los diferentes afloramientos del área, ya que por la complejidad litológica de la zona es necesario focalizar la información que maneja la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar.

2. Utilizar equipos de seguridad al realizar la toma de muestras, ya que por la litología del afloramiento desprende fragmentos y bloques que pueden causar lesiones.

3. Continuar con los estudios geológicos en los afloramientos ubicados a lo largo de la carretera vía al Manganeso para una descripción cada vez más detallada del Complejo Ígneo - Metamórfico de Imataca.

REFERENCIAS

Abud Juan y Stredel Carlos (1978). **SISMICIDAD, ESTRUCTURA TECTONICA Y PETROMINERALOGIA DE LA FALLA DE GURI**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela; Trabajo de grado.

Arias Fidias (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACION**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Venezuela.

Baamonde, J., 2006 **GEOLOGIA FISICA**. Instituto de Ciencias de la Tierra. Universidad Central De Venezuela, Caracas – Venezuela, pp 99-100.

Balestrini, M., (1997). **CÓMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas – Venezuela.

Bolívar Jannibel y García Yura (2012). **CARACTERIZACION GEOLOGICO-ESTRUCTURAL EN EL TRAMO VIAL CONOCIDO COMO “CURVAS DE SANTAMARIA DE UPATA” MUNICIPIO PIAR, ESTADO BOLIVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Venezuela; Trabajo de grado.

Catalán, José. (2002). **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y DINÁMICA GLOBAL**. Tema 4 Deformación a escala cristalina. Universidad de Salamanca. 25 de Abril de 2013, (<http://web.usa.es/gabi/APUNTES/TEMA4.PDF>).

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G. TECMIN, C.A). (1989) **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA NB-20-3**. Clima, geología, geomorfología, suelos, vegetación Tomo II.

Devera Joslaury. (2010) **DIGITALIZACIÓN DE MAPA DE LA HOJA 7739 DE SAN LORENZO ESCALA 1:100.000, UBICADO EN EL MUNICIPIO PIAR DEL ESTADO BOLIVAR, REALIZADAS EN EL INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA (INGEOMIN)**. Informe de pasantía. Ciudad Bolívar – Estado Bolívar.

Google Maps (2013). **MAPAS DE UBICACIÓN**. 13 de Mayo de 2013, (<https://maps.google.co.ve/>).

Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMIN), (2005). **INFORME PRELIMINAR**. Cdad. Bolívar-Estado Bolívar.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2012). **MAPA FÍSICO, RELIEVE E HIDROGRAFÍA DE VENEZUELA**. 12 de Abril de 2013, (<http://www.viajandoporvenezuela.com/recursos/mapas/venezuela/relieve.php>).

Jiménez, J., 2006. **APUNTES DE LA ASIGNATURA PETROLOGÍA ENDÓGENA**. Tercer curso de la Licenciatura de Geología, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, pp 5.

Mendoza, Vicente. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS NATURALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SUS RELACIONES CON EL ESCUDO SURAMERICANO)**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Venezuela; Trabajo de ascenso.

Ordoñez, O., 2000, **ROCAS EN ZONAS DE FALLAS**. Departamento de Recursos Minerales, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellin – Colombia, pp 71- 75.

PDVSA-INTEVEP, (1997). **CODIGO GEOLOGICO DE VENEZUELA**. 17 de Abril de 2013. (<http://www.pdvsa.com/lexico/museo/rocas/rv-0037.htm>).

Salazar Edixon Ramón (2000). **RECONOCIMIENTO Y CARACTERIZACION GEOLOGICA DE LA SECCION SAN FELIX-EL CALLAO. ESTADO BOLIVAR VENEZUELA**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela; Trabajo de ascenso.

Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Metamórficas, 2002 IUGS. **METAMORFISMO**. 15 de Enero de 2013 (<http://www.bgs.as.uk./SCMR/>).

Tarback, E., 2005. **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Pearson Educación. S. Edición Española. Madrid, España.

Winkler, H., 1975. **PETROGÉNESIS DE ROCAS METAMÓRFICAS**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Bolívar, Venezuela.

ANEXOS

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

Título	CARACTERIZACION MINERALOGICA Y PETROGRAFICA DE LAS ROCAS ADYACENTES A LA CARRETERA VÍA EL MANGANESO, ENTRE LA QUEBRADA AGUA SUCIA Y EL CRUCE VÍA EL PALMAR, MUNICIPIO PIAR, ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
SANTAMARIA P, MARÍA TRINIDAD	CVLAC	21262308
	e-mail	Mavi_876@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Caracterización
Petrografía
Mineralogía
Afloramiento
Rocas
Geología
Cataclástico
Precámbrico

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología.	Geología

Resumen (abstract):

En el presente trabajo se realizó una caracterización petrográfica y mineralógica de las rocas adyacentes a la carretera vía a El Manganese, entre la quebrada Agua Sucia y el cruce vía El Palmar, municipio Piar, estado Bolívar. La elaboración de este trabajo consta de tres fases o etapas principales: la primera etapa consiste en una recopilación documental y cartográfica de interés que sirvieron de base para la realización de esta investigación. La segunda fase, consistió en una etapa de campo donde se hizo un reconocimiento, exploración y delimitación del área de estudio. Posteriormente, se colectaron muestras representativas de la zona, y se referenciaron con la ayuda de un GPS y se analizaron macroscópicamente en campo. Finalmente una tercera fase que consiste en actividades de oficina, donde se realizaron los respectivos análisis petrográficos a las muestras de rocas, las cuales fueron analizadas y procesadas en los laboratorios del Instituto Nacional de Geología y Mina (INGEOMIN), en Ciudad Bolívar se realizaron 8 cortes de rocas, 4 secciones delgadas, descripciones macroscópicas y microscópicas de unidades litológicas presentes (coincidiendo y definiendo así la litología, y tipo de alteración). Como resultados, se obtuvieron las siguientes unidades: Gneis Cuarzo Feldespático, Gneis Cuarzo Feldespático Cataclástico y Mármol. Desde el punto de vista geológico, el área está enmarcada por el Escudo Precámbrico de Guayana, Provincia Geológica de Imataca.

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

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
HENRY RAMIREZ	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☒ JU ☐
	CVLAC	
	e-mail	Hdjrs4@hotmail.com
	e-mail	
JOSE SIMON GONZALEZ	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
PEDRO GAMBOA	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	
	e-mail	geozona@hotmail.es
	e-mail	
	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	12	10
------	----	----

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-().doc	Aplication/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N
O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: _____ Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: _____ Pre-grado

Área de Estudio: _____ Departamento de Geología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>[Signature]</i>
FECHA	5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



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

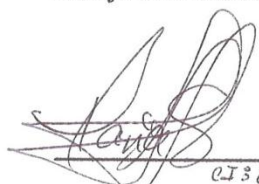
JABC/ YGC/ maruja

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

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO

(Vigente a partir de II Semestre 2009 según comunicación CU-034-2009):

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrían ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



21321.262.308

AUTOR 1



TUTOR