

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y QUÍMICA DEL
AFLORAMIENTO CERRO EL ZAMURO, UBICADO EN EL
SECTOR EL FORTÍN, CASCO HISTÓRICO DE CIUDAD
BOLÍVAR. MUNICIPIO HERES. ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LAS BACHILLERES
CABRERA TIRSA Y
LEDEZMA ADRIANA, PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2017



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado, **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA y QUÍMICA DEL AFLORAMIENTO CERRO EL ZAMURO, UBICADO EN EL SECTOR EL FORTÍN, CASCO HISTÓRICO DE CIUDAD BOLÍVAR. MUNICIPIO HERES. ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por las bachilleres Cabrera Tirsa y Ledezma Adriana, como requisito parcial para optar al título de Geólogo, ha sido APROBADO de acuerdo los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y apellido del Prof.:

Firma:

Enrique Acosta

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Profesor Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de
Geología

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela de
Ciencias de La Tierra

Ciudad Bolívar, Junio de 2017

DEDICATORIA

Primeramente a Dios Todopoderoso, a la Virgencita y a mi Divino Niño Jesús por su infinito amor y protegerme durante todo mi camino.

A mi madre Sobella Rojas (Q.E.P.D) por ser el pilar más importante en mi vida quien me demostró siempre su amor y cariño, a pesar de su ausencia física la llevo en mi corazón y pensamientos.

A mi padre Adrian Ledezma por ser un ejemplo para mí y ha sabido guiarme por el buen camino, cuidarme y quererme siempre.

A mi hermana Andria por acompañarme siempre y compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis hermanos Rick y Keith que me han brindado su apoyo cuando lo he necesitado.

A mis tías Romelia, Lisney y Marilyn por su apoyo y cariño en todo momento.

Adriana Ledezma.

Primeramente quiero dedicar este Trabajo de Grado a Jehová Dios, su hijo Jesucristo y el Espíritu Santo por guiarme cada uno de estos años y darme la fortaleza de culminar la carrera.

A mi padre Neomar Cabrera, por ser mi motor para continuar, por ser mi apoyo incondicional, por estar presente en cada momento y no dejar que me rindiera.

A mi madre Yvette Gil, por su apoyo, ayuda y comprensión a lo largo de toda esta meta.

A mi familia y amigos cercanos, por darme palabras de aliento y cariño.

Tirsa Cabrera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios Todopoderoso, a la Virgencita y a mi Divino Niño Jesús por darme vida, salud y por culminar una etapa más en mi vida.

A la Universidad de Oriente por haberme brindado los conocimientos para formarme como profesional.

A mi madre Sobella Rojas (Q.E.P.D) quien en vida me dio sus mejores consejos y valores para ser una mejor persona cada día y su amor incondicional.

A mi padre Adrian Ledezma quien me ha apoyado en todo momento, me sigue motivando para seguir adelante y por su cariño.

A mi tutor académico el Ing. Enrique Acosta por toda colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto. Al Lcdo. Gabriel Ramírez Director de Patrimonio Histórico y Cultural por brindarnos la oportunidad de realizar los estudios de nuestro Trabajo de Grado en el Fortín el Zamuro. Al Ing. Richard Lima por su apoyo en el corte y pulido de nuestras muestras en la empresa Granitos Bolívar. A mi Compañera de tesis Yordana Cabrera por su amistad y apoyo.

Adriana Ledezma.

Agradezco a la Universidad de Oriente por brindarme la oportunidad de cursar mi carrera universitaria de forma satisfactoria. A la Geóloga Luisa Alcalá, por su ayuda y colaboración. A mi tutor académico Profesor Enrique Acosta, por su valiosa colaboración y asesoramiento. Al Licenciado Gabriel Ramírez Director Sectorial de Patrimonio Histórico por brindarnos el apoyo y aprobación para realizar los estudios de nuestro Trabajo de Grado en el bien cultural El Fortín el Zamuro.

Al Ingeniero Richard Lima por su apoyo en el corte y pulido de nuestras muestras en la empresa Granitos Bolívar. A mi amiga y compañera de tesis Adriana Ledezma por ser de mucho apoyo.

Y a todas las personas que de una u otra forma se preocuparon por mí, me ayudaron y apoyaron a lo largo de este camino, a todos, Gracias.

Tirsa Cabrera

RESUMEN

Sobre un afloramiento rocoso, denominado Cerro El Zamuro, ubicado en el Casco histórico de Ciudad Bolívar, en el estado Bolívar, municipio Heres, se realizó una caracterización geológica y química, con el propósito de enriquecer cualquier estudio previo, efectuado en las áreas de interés con fines científicos y geológicos. También resaltar los sitios históricos y las bellezas naturales del casco histórico de Ciudad Bolívar, donde afloran rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca, del Precámbrico, tan antiguas como 3.600 millones de años. La metodología utilizada para la elaboración de este estudio consta básicamente de cuatro (4) etapas. La primera fue la etapa de oficina, la cual consistió en la recopilación de información cartográfica y bibliográfica del área de estudio. La segunda etapa fue de trabajo de campo en el cual se delimitó el afloramiento, se realizó el levantamiento geológico respectivo midiendo y anotando las estructuras presentes en el afloramiento tales como foliaciones y diaclasas, también se registraron las características físico-naturales, tales como suelo, geomorfología y vegetación. Durante esta etapa también se hizo la recolección y marcando de muestras y su ubicación con GPS. La cuarta etapa fue la discusión de los resultados. Durante los recorridos de campo, se observó un cambio en la coloración de la masa rocosa. La base es de color rosado y hacia el tope, a partir de la cota 35 msnm es de color marrón terroso. Este contraste de coloración se puede explicar porque la masa granítica sufrió un proceso de cuarzo feldespatización que avanzó reemplazando las plagioclasas cálcicas por microclino (Ascanio, J. 1975), durante procesos de polimetamorfismo, donde se transformó la roca granítica en gneis granítico. Las determinaciones químicas realizadas a los tres (3) litotipos y graficado con el diagrama de Wilson (1989), mostraron en los protolitos un alto fraccionamiento magmático hacia el campo de las rocas graníticas, clasificando a estos protolitos como granito alcalino y granitos. Los monumentos de origen natural, constituyen patrimonios culturales de la humanidad, los cuales deben ser aprovechados para fines turísticos, recreacionales y hasta deportivos. El afloramiento Cerro El Zamuro, tiene una vista panorámica hacia el Norte, donde se visualiza al majestuoso Río Orinoco, hacia los otros puntos cardinales, se observa el casco histórico de Ciudad Bolívar.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
LISTA DE ANEXOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación objeto de estudio.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación	5
1.5 Limitaciones	5
CAPÍTULO II. GENERALIDADES.....	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.2 Acceso al área de estudio	8
2.3 Características físicas y naturales	9
2.3.1 Clima.....	9

2.3.2 Suelos.....	16
2.3.3 Vegetación	16
2.3.4 Drenaje.....	17
2.3.5 Geomorfología.....	17
2.4 Geología regional	18
2.4.1 Complejo de Imataca	20
2.4.2 Fajas de Ascanio	22
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	26
3.1 Antecedentes de la investigación.....	26
3.2 Definición de términos básicos	29
3.2.1 Afloramiento	29
3.2.2 Buzamiento	30
3.2.3 Deformación	30
3.2.4 Diaclasas	30
3.2.5 Dirección.....	30
3.2.6 Erosión	31
3.2.7 Fallas	31
3.2.8 Geología.....	31
3.2.9 Geología estructural.....	32
3.2.10 Granito	32
3.2.11 Gneises.....	32
3.2.12 Grietas.....	33
3.2.13 Pliegues.....	33
3.2.14 Rocas Ígneas	33
3.2.15 Rocas metamórficas.....	36
3.2.16 Geoquímica.....	41

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	44
4.1 Nivel de la investigación	44
4.2 Diseño de investigación.....	44
4.3 Población de la investigación	45
4.4 Muestra de la investigación	45
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
4.6 Etapas de la investigación	46
4.6.1 Etapa I. Recopilación documental y cartográfica	47
4.6.2 Etapa II. Trabajo de campo.....	48
4.6.3 Etapa III. Trabajos de laboratorio	52
4.6.4 Secciones Pulidas.....	53
4.6.5 Análisis químico	55
4.6.6 Elaboración de Mapa geológico	55
4.6.7 Etapa. IV Etapa Final.....	55
 CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	 57
5.1 Caracterización de las unidades litológicas aflorantes en las zonas de estudios, mediante la geología de superficie, la descripción macroscópica de las muestras y las secciones pulidas.....	57
5.1.1 Descripción macroscópica de las muestras.....	59
5.2 Determinación de la composición química de las muestras a través del método de absorción atómica	62
5.2.1 Interpretación geoquímica usando métodos gráficos.....	64
5.3 Estimación de las pendientes del afloramiento, para la proyección de un mirador turístico.....	66
5.3.1 Perfil A-A'	68
5.3.1 Perfil B-B'	69
5.4 Determinación de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio	69

5.5 Elaboración de la cartografía geológica actualizada del Cerro El Zamuro	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
REFERENCIAS	74
APÉNDICES.....	77
ANEXOS	71

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2015).	7
2.2 Ubicación de la vía de acceso al afloramiento mediante coordenadas y mapa base.....	8
2.3 Pluviómetro usado para medir la precipitación.....	9
2.4 Evaporímetro Píche, instrumento para medir la evaporación.	11
2.5 Psicrómetro, instrumento usado para medir la temperatura del aire.	12
2.6 Actinógrafo, Instrumento usado para medir la radiación solar.	13
2.7 Hidrógrafo, instrumento usado para medir la Humedad relativa.	15
2.8 Densidad de la capa vegetal, observada desde la cima del Cerro El Zamuro.	16
2.9 Imagen 3D del Cerro El Zamuro, donde se observa el paisajes de lomeríos, indicando erosión. También se observa el drenaje intermitente.	18
2.10 Mapa de las Provincias Geológicas del Estado Bolívar(Mendoza, V. 2005).	19
2.11 Complejo de Imataca al sur del río Orinoco en la zona comprendida entre el río Aro y Caroní, el cual fue definido por un conjunto de rocas en siete fajas separadas por corrimientos de ángulos bajo (Ascanio, G. 1975).	22
3.1 Mapa esquemático del Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar, mostrando las diferentes fajas tectónicas (Ascanio, G. 1975).	26
3.2 Sección original N-S de las fajas de Ascanio (Ascanio, G, 1975).	27
3.3 Relación entre fajas tecto-litologicas y yacimientos de granitos ornamentales (Rodríguez, J. 1997).	28
3.4 Edades Sm-Nd de protolito del complejo de Imataca (Texeira y otros, 2000, en Mendoza, V. 2012).	28
3.5 Relación de peso entre $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ con respecto a SiO_2 (Wilson, 1989) tomado de Méndez, J. (2006).	43
4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.	47

4.2 Reconocimiento y anotaciones de estaciones geológicas en la falda del Cerro El Zamuro.	49
4.3 Levantamiento expeditivo del afloramiento Cerro el Zamuro, con equipo portátil de ubicación (GPS).....	50
4.4 Equipo geoposicionador, para la ubicación de muestras y estructuras del Cerro El Zamuro.	51
4.5 Descripción de una muestra de mano del gneis rosado, tomada al frente del Liceo Peñalver.	52
4.6 Gneis rosado y aplita observadas en los cortes.	53
4.7 Pulido de la muestra de gneis rosado, usando herramientas manuales.	54
5.1 Secciones pulidas de las muestras de gneises graníticos presentes en el Cerro El Zamuro.	62
5.2 Mapa base Topográfico con la ubicación demuestras de rocas.	64
5.3 Ubicación de las tres (3) muestras del Cerro El Zamuro en gráfico de Wilson (1989). La muestra M-1 se ubica en el campo de los granitos alcalinos, mientras que las muestras M-2 y M-3 en el campo de los granitos.....	65
5.4 Pendiente sur del Cerro El Zamuro, frente al Liceo Peñalver.....	67
5.5 Perfiles usados para la determinación de las pendientes del Cerro El Zamuro.....	68
5.6Pendiente Sur del Cerro El Zamuro, frente a la Avenida 5 de Julio.	68
5.7 Perfil B-B', de dirección NE-SW.....	69
5.8 Mapa topográfico con la ubicación de las divisorias de agua, en color rojo, del afloramiento Cerro El Zamuro.....	70
5.9 Mapa geológico general del Cerro El Zamuro y sus alrededores.	71

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas UTM del área correspondiente al afloramiento Cerro El Zamuro. ...	8
2.2 Distribución temporal de la precipitación total y media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).	10
2.3 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).	11
2.4 Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire (°C) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).	13
2.5 Distribución temporal de la radiación solar media mensual (MJ/m ²) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).	14
2.6 Distribución temporal de la insolación media mensual (horas) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).....	14
2.7 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual (%) durante el período climático 1994-2007 (Datos de la Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).....	15
2.8 Promedio de la composición química de las rocas del Complejo de Imataca (Mendoza, V. (2005).	21
3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose, T. 1979).	42
4.1 Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo.	51

5.1 Estaciones geológicas levantadas durante las visitas a campo en el Cerro	
El Zamuro.	57
5.2 Descripción macroscópica de las muestras del Cerro El Zamuro.....	60
5.3 Análisis químicos originales y normalizados del Cerro El Zamuro.	63
5.4 Elementos trazas determinados en las muestras del Cerro El Zamuro.	66

LISTA DE APÉNDICES

	Página
APÉNDICE A. Análisis geoquímicos	78
A.1 Análisis de óxidos mayoritarios.	79
A.2 Análisis de elementos metálicos.....	80

LISTA DE ANEXOS

1. Mapa Topográfico del Cerro El Zamuro y sus alrededores
2. Mapa Geológico del Cerro El Zamuro

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el granito forma parte de su riqueza geológica. Al sur del país, específicamente en Ciudad Bolívar, estado Bolívar existen millones de metros cúbicos de reservas de rocas de granito. Uno de esos afloramientos es el Cerro El Zamuro. El afloramiento tiene una excelente ubicación geográfica, ya que se encuentra en el casco histórico de Ciudad Bolívar y en épocas de la colonia, de punto estratégico para la defensa de Ciudad Bolívar contra corsarios invasores. La importancia del presente estudio es caracterizar geológica y geoquímicamente, al afloramiento la cual permitiría valorarlo desde el punto de vista histórico. Asimismo, dará lugar a un estímulo para otras actividades comerciales, turísticas y de servicios.

Afloramientos ubicados tan estratégicamente en otras partes del mundo, son utilizados como sitios de recreación y la práctica de deportes y caminatas. El afloramiento Cerro El Zamuro, tiene una vista panorámica hacia el Norte, donde se visualiza al majestuoso Río Orinoco, hacia los otros puntos cardinales, se observa el casco histórico de Ciudad Bolívar.

Los monumentos de origen natural, constituyen patrimonios culturales de la humanidad, los cuales deben ser aprovechados para fines turísticos, recreacionales y hasta deportivos.

El proyecto de investigación está estructurado en 5 capítulos. El capítulo I. Situación a investigar, se presenta la situación objeto de estudio, los objetivos de la investigación: general y específicos, justificación y alcance del estudio. Capítulo II. Generalidades, en el cual se presenta ubicación geográfica del área, acceso, características físicos-naturales, geología regional y/o local. Capítulo III. Marco

teórico, que contiene los antecedentes, fundamentos teóricos y definición de términos básicos. Capítulo IV. Metodología del trabajo, que trata sobre el tipo y diseño de la investigación, flujograma, población, muestra, técnica e instrumento de recolección de datos. Capítulo V. Análisis e interpretación de los datos, contiene la información encontrada durante el proceso de la investigación. Esta información fue analizada de manera tal que guiaron hacia la consecución de los objetivos específicos planteados. De igual manera, se presentan las conclusiones y recomendaciones, referencias y anexos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

Debido al escaso conocimiento sobre los afloramientos de origen natural, los cuales deben ser aprovechados para fines turísticos, recreacionales, se genera el presente estudio, con la intención de conocer la diversidad de rocas presentes en cuanto a su estética y variedad de colores.

La investigación se fundamenta en la obtención de datos geológicos, químicos y estructurales mediante el reconocimiento del área ubicada en el Sector El Fortín, Casco histórico de Ciudad Bolívar. El área mayormente está representada por afloramientos rocosos de la Provincia Geológica de Imataca. También, el área circundante se compone de cerros y áreas de vegetación boscosa entre otros aspectos geomorfológicos.

El presente trabajo de investigación consiste en la caracterización geológica y química del afloramiento rocoso Cerro el Zamuro, municipio Heres, estado Bolívar, con el fin de brindar a los visitantes del este monumento natural, información referente a su edad, composición y la estética de éste tipo de roca.

Las actividades de campo, análisis químicos y descripción visual, entre otros, permitieron proponer un adecuado aprovechamiento del área, así como proporcionar una guía para un futuro mirador turístico, debido a su impactante visión de la parte histórica de la ciudad y del río Orinoco

Adicionalmente se hace un aporte en cuanto al conocimiento de las rocas que constituyen a la provincia Geológica de Imataca, su génesis y tipos de alteraciones, específicamente la faja litotectónica de Ciudad Bolívar.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar de forma geológica y química al afloramiento Cerro El Zamuro, ubicado en sector El Fortín, Casco histórico de Ciudad Bolívar. Municipio Heres. Estado Bolívar”.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar las unidades litológicas aflorantes en las zonas de estudios, mediante la geología de superficie, la descripción macroscópica de las muestras y las secciones pulidas.
2. Determinar la composición química de las muestras a través de las determinaciones analíticas por el método de absorción atómica.
3. Estimar las pendientes del afloramiento, con el fin de conocer sus inclinaciones.
4. Determinar las características geomorfológicas presentes en el área de estudio.
5. Elaborar la cartografía geológica actualizada del Cerro El Zamuro.

1.3 Justificación de la investigación

La finalidad de esta investigación es verificar y proporcionar información geológica de los afloramientos rocosos del Cerro El Zamuro y sus alrededores, para tener conocimiento del potencial existente, en cuanto a los minerales no metálicos, para establecer parámetros, que permitan determinar, el origen y las características, físicas, químicas y mineralógicas de las diferentes unidades litológicas que afloran en las zonas de estudio. Con el propósito de enriquecer cualquier estudio previo, efectuado en las áreas de interés con fines científicos y geológicos. También resaltar los sitios históricos y las bellezas naturales del casco histórico de Ciudad Bolívar.

1.4 Alcance de la investigación

Esta investigación proporcionó la información actual para la caracterización geológica de los afloramientos rocosos, y se determinó su litología, además se hace una propuesta para hacer de ese sitio histórico, un atractivo turístico.

Esta investigación se basó fundamentalmente en determinar las características litológicas, geo estructurales y geomorfológicas en las áreas de estudio, para detallar la calidad de los minerales no metálicos, presentes en la zonas, con fines científicos, geológicos y económicos y turísticos.

1.5 Limitaciones

1. En el área de estudio, se encuentra un terreno privado por ser un monumento histórico, que limita el acceso a una porción de las zonas de estudio.
2. Los trabajos de campo tienen retraso debido a lo inseguro del sitio.

3. Los análisis petrográficos tienen cierto grado de dificultad debido a la falta de instituciones que provean el servicio. En su lugar se hará una descripción macroscópica, secciones pulidas de muestras y gráficos petroquímicos para determinar el nombre probable de las rocas que constituyen el afloramiento.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El afloramiento denominado Cerro El Zamuro se encuentra ubicado en la parte central o casco histórico de Ciudad Bolívar, entre la Avenida 5 de Julio y el Paseo Heres en Ciudad Bolívar, municipio Heres, estado Bolívar (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2015).

El área de estudio conforma rectángulo de 400 m de ancho y 1200 m largo (480.000 m²), enmarcada con las coordenadas UTM, representadas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del área correspondiente al afloramiento Cerro El Zamuro.

PUNTOS	NORTE	ESTE
A	899.650	438.500
B	899.650	439.500
C	899.250	439.500
D	899.250	438.500

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al afloramiento Cerro El Zamuro se puede hacer por vía terrestre, a través de la Avenida 5 de Julio, hasta llegar a la Casa San Isidro. Seguidamente se hace un traslado a pies hasta la falda del cerro (Figura 2.2).



Figura 2.2 Ubicación de la vía de acceso al afloramiento mediante coordenadas y mapa base.

El trabajo de campo se inició en el patio de la Casa San Isidro y concluyó en el Sector Perro Seco, cerca del Cementerio.

2.3 Características físicas y naturales

2.3.1 Clima

En la caracterización del clima del presente estudio, se emplearon los datos de las variables climatológicas registradas en la estación del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV) con sede en el aeropuerto de Ciudad Bolívar. Ésta estación es del tipo C1, es decir, registra precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, insolación, humedad relativa y viento (dirección predominante y velocidad). A continuación, con base en la información registrada por la estación meteorológica del Aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período climático comprendido desde el año 1994 hasta el año 2007, se hace una descripción temporal de los parámetros que definen el clima de la zona.

2.3.1.1 Precipitación

Los promedios de precipitaciones se ubicaron para la media anual en 82,59 mm y para el total anual en 991,10 mm, aproximadamente (Figura 2.3).



Figura 2.3 Pluviómetro usado para medir la precipitación.

Se presentan dos períodos: uno lluvioso, que va desde mayo hasta noviembre, con julio como el mes de mayor pluviosidad (184,5 mm.); y otro de sequía, que va desde diciembre hasta abril, siendo el mes de febrero el que registra la pluviosidad más baja del año (16,24 mm.) los meses de abril y diciembre se comportan como transicionales entre los períodos de sequía y lluvia y viceversa, respectivamente (Servicio de Meteorología FAV, 1994-2007), como se muestra en la (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Distribución temporal de la precipitación total y media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 1994-2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	31,64	16,24	16,71	24,46	106,21	170,07	184,5	150,34	93,83	82,77	76,52	37,81
Máximo	194,00	91	111	126	226	357	357	300	210	165	184	101
Mínimo	0	0	0	0	29	14	16	6	20	5	8	9

La Tabla 2.2 muestra, adicionalmente, que el régimen pluviométrico es unimodal; es decir, se registra un sólo máximo de pluviosidad durante el año, el cual ocurre en el mes de julio (184,5 mm.), aunque en los meses de junio (170,07 mm.) y agosto (150,34 mm.) se observa un ligero incremento de las lluvias (Servicio de Meteorología FAV, 2007).

2.3.1.2 Evaporación

Según el promedio de la evaporación media anual se ubica en 101,94 mm, mientras que el del total anual oscila alrededor de 1223,30 mm, para el período en cuestión (Figura 2.4).



Figura 2.4 Evaporímetro Píche, instrumento para medir la evaporación.

Los meses de mayor evaporación van desde enero hasta mayo con máximos durante marzo (136,99 mm.) y abril (139,39 mm.) y su valor más bajo se registra durante los meses que van desde junio hasta diciembre, con mínimos en junio (68,38 mm.) y julio (67,60 mm.), esto es debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento, Servicio de Meteorología FAV, 1994-2007 (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Distribución temporal de la evaporación media mensual (mm) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	123,65	131,48	136,99	139,39	107,26	68,38	67,60	73,41	86,16	97,41	87,54	104,05
Máximo	308,5	378,8	308,6	283	226	135	174	212	187	208	168	228
Mínimo	11,8	13,9	14	16,4	13,6	8,9	7	8,1	9	9,9	13	11,6

2.3.1.3 Temperatura del aire

La temperatura del aire se clasifica en temperatura media, temperatura media máxima y temperatura media mínima (Figura 2.5).



Figura 2.5 Psicrómetro, instrumento usado para medir la temperatura del aire.

➤ Temperatura media: la media anual en el área de estudio es de 26,90 °C y el máximo principal ocurre en el mes de abril (29,16 °C). Los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de enero (24,95 °C), agosto (25,39 °C) y diciembre (25,13 °C), Servicio de Meteorología FAV, 2007 (Tabla 2.4).

➤ Temperatura media máxima: los valores más altos de temperatura media máxima mensual se registran en los meses de febrero (29,20 °C), marzo (29,40 °C), abril (30,50 °C) y mayo (29,90 °C), Servicio de Meteorología FAV, 2007 (Tabla 2.4).

➤ Temperatura media mínima: las temperaturas mínimas se registran en los meses de enero (25,90 °C), febrero (25,50 °C) y diciembre (25,90 °C), Servicio de Meteorología FAV, 2007 (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire (°C) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	24,95	25,28	28,26	29,16	28,51	27,19	26,98	25,39	27,98	28,23	25,73	25,13
Máximo	28,10	29,20	29,40	30,50	29,90	28,20	27,80	27,90	28,90	28,90	28,20	28,10
Mínimo	25,90	25,50	26,80	27,50	27,60	26,10	26,20	26,60	27,00	27,3	27,00	25,90

2.3.1.4 Radiación solar media

El área en estudio recibe una radiación solar promedio anual de 13,23 Cal/min.cm² (Figura 2.6).



Figura 2.6 Actinógrafo, Instrumento usado para medir la radiación solar.

La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (22,78 Cal/min.cm²), agosto (21,72 Cal/min.cm²) y febrero (21,31 Cal/min.cm²) y valores mínimos que se registran durante mayo (11,38 Cal/min.cm²),

diciembre (10,76 Cal/min.cm²) y febrero (13,59 Cal/min.cm²), Servicio de Meteorología FAV, 2007 (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Distribución temporal de la radiación solar media mensual (MJ/m²) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	13,44	13,22	15,65	15,05	13,19	12,97	14,09	15,16	13,97	12,89	10,96	8,21
Máximo	21,1	21,31	22,78	21,02	19,65	18,9	20,14	21,72	21,05	19,42	18,33	18,23
Mínimo	11,94	13,59	14,18	13,8	11,38	11,84	12,45	13,75	13,52	13,09	12,04	10,76

2.3.1.5 Insolación media

El área de estudio recibe un promedio de brillo solar de 7,51 horas, aproximadamente. La máxima insolación media se alcanza durante el mes de marzo (8,26 horas de Sol), y la mínima durante el mes de junio (6,36 horas). Los valores máximos principales de insolación se suceden en los meses de febrero (9,80 horas), mayo (9,20 horas), y los valores mínimos en enero (3,90 horas) y febrero (4,70 horas), Servicio de Meteorología FAV, 2.007 (Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Distribución temporal de la insolación media mensual (horas) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	7,29	7,86	8,26	7,79	6,89	6,36	6,87	7,45	7,96	8,01	7,84	7,50
Máximo	8,8	9,8	9,5	9,5	9,20	7,5	7,5	8,5	9,1	8,6	9,1	8,6
Mínimo	3,9	4,7	6,7	6,4	5,30	5,4	5,6	6,2	7,1	7,5	7,1	6,5

2.3.1.6 Humedad relativa media

La media anual se ubica en 76,81 % los valores máximos de humedad relativa se presentan durante la época de junio (87,00%), julio (87,00%), agosto (87,00%), septiembre (97,00%) y diciembre (88,00%) (Figura 2.7).



Figura 2.7 Hidrógrafo, instrumento usado para medir la Humedad relativa.

Los valores mínimos se alcanzan en la época de febrero (67,00%), marzo (67,00%), abril (64,00%), y agosto (60,00%) Servicio de Meteorología FAV, 2007 (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual (%) durante el período climático 1994-2007 (Estación Meteorológica FAV en el aeropuerto de Ciudad Bolívar, 2007).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	72,14	69,64	71,64	71,64	76,86	83,36	84,71	80,93	80,50	79,29	75,50	75,50
Máximo	83	82	78	78	85	87	87	87	97	83	85	88
Mínimo	71	67	67	64	67	78	80	60	76	76	75	75

2.3.2 Suelos

En la zona de estudio la cobertura del suelo es muy escasa, por la presencia de afloramientos, observándose generalmente entre lomas que conforman el paisaje de peniplanicies. Los suelos que se han desarrollado en esta zona, son el producto de la desintegración, meteorización y erosión de las rocas graníticas que constituyen el basamento ígneo metamórfico predominante en el área de estudio. Los suelos son ácidos con bajo contenido de materia orgánica. La capacidad de retención de humedad es muy baja en los primeros estratos del suelo y moderada en profundidad, permeabilidad muy rápida a moderada y drenaje bueno (C.V.G TECMIN, 1991).

2.3.3 Vegetación

En la zona se desarrollan varios tipos de vegetación, la cual varía en cada uno de los afloramientos existentes; como son la vegetación de sabana y sabana arbolada (C.V.G TECMIN, 1991).

En la zona donde se encuentra ubicado el afloramiento, la vegetación está caracterizada por ser un poco densa, de mediana a alta; evidenciado por la meteorización de la roca (Figura 2.8).



Figura 2.8 Densidad de la capa vegetal, observada desde la cima del Cerro El Zamuro.

2.3.4 Drenaje

El río principal de la zona es el Orinoco de rumbo oeste-este; el cual se alimenta regionalmente de las quebradas y drenajes del Paseo Orinoco (C.V.G Tecmin, 1991).

Sobre el afloramiento se pudo observar un control estructural de carácter subparalelo del drenaje existente, siendo este un drenaje dendrítico que fluye hacia el sureste. Está constituido por pequeños cursos de agua de regímenes de carácter intermitente, también existen lagunas y morichales en el área (C.V.G Tecmin, 1991).

2.3.5 Geomorfología

La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia geológica de Imataca y desde el punto de vista fisiográfico, los terrenos donde se ubican las masas graníticas, se caracterizan por presentar una topografía ondulada con pendientes, donde los domos se destacan por su altura y topografía muy quebrada y vertientes escarpadas (C.V.G Tecmin, 1991).

La presencia de estos domos, sobre el paisaje ondulado (peniplanicie) es indicio de la erosión diferencial que ha ocurrido en la región y procesos de peneplanación, que combinan acciones mecánicas y químicas, generando predominantemente relieves rebajados donde se alternan colinas altas y planicies (C.V.G Tecmin, 1991) (Figura 2.9).

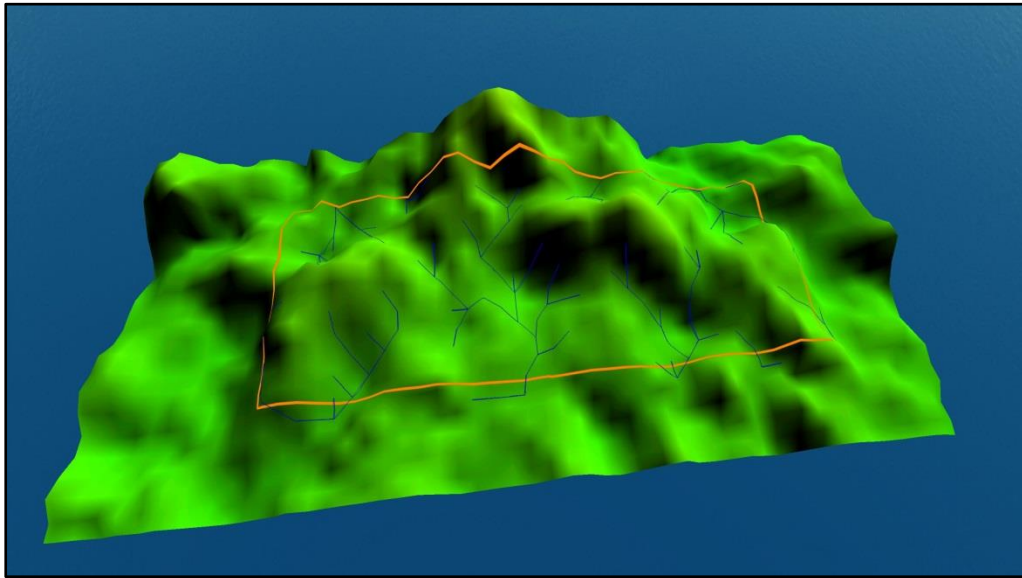


Figura 2.9 Imagen 3D del Cerro El Zamuro, donde se observa el paisajes de lomeríos, indicando erosión. También se observa el drenaje intermitente.

2.4 Geología regional

El Escudo de Guayana se extiende al Sur del río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. Está litológicamente formado por rocas Precámbricas, es decir, antes de la Era Paleozoica o Primaria. Estas rocas constituyen unas de las formaciones geológicas más antiguas del mundo. La composición del macizo está representada fundamentalmente por rocas ígneas producidas por la solidificación magmática en el fondo de los mares primitivos, que posteriormente emergieron como grandes bloques continentales; luego el metamorfismo influyó en la transformación de parte de estas rocas y de otras más jóvenes que fueron apareciendo (González de Juana y otros, 1980).

Basándose en características petrológicas y tectónicas, el Escudo de Guayana ha sido dividido en cuatro (04) provincias geológicas (Menéndez, 1968), en Mendoza, V.

2005; que en orden de edad de más antigua a más joven son Imataca-Pastora-Cuchivero-Roraima.

Los afloramientos que se encuentran en la zona de estudio pertenecen a la provincia geológica de Imataca, la cual se extiende en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección Noroeste- Sureste aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí, de unos quinientos cincuenta kilómetros (550 Km) de largo y ochenta kilómetros (80 Km) de ancho, respectivamente (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.10).

Litológicamente la provincia geológica de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro, dolomitas, charnockitas, anortositas, y granitos intrusivos, más jóvenes y remanentes erosionales, menos metamorizados, y más jóvenes cinturones de rocas verdes (Mendoza, V. 2005).

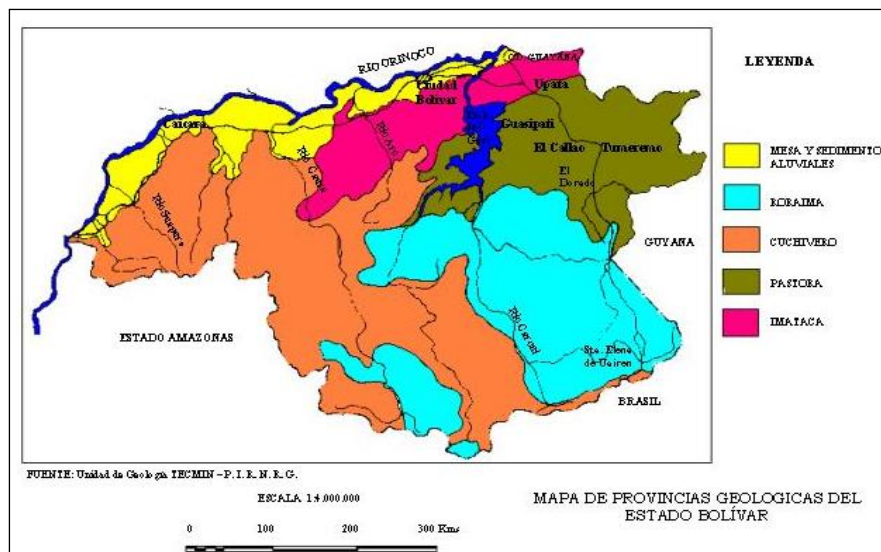


Figura 2.10 Mapa de las Provincias Geológicas del Estado Bolívar(Mendoza, V. 2005).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas, y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de hasta 750-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8,5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de rocas), hacia la zona de Gurí, con anfibolitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita sillimanita (que implica temperaturas de 650-700 °C y presiones de 4 a 7 Kbs). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionados primitivos cinturones de rocas verdes y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar la facies de la anfibolita y granulita (Mendoza, V. 2005).

2.4.1 Complejo de Imataca

El término “Complejo de Imataca”, lo introduce (Chase, 1965), por considerar que la complejidad de la estructura hace improbable que se logre la determinación de una sucesión inequívoca de formaciones dentro del conjunto.

El complejo de Imataca es una unidad de rocas cristalinas (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1969), originalmente sedimentarias en la actualidad intensamente metamorfizada y estructuralmente compleja, perteneciente al Precámbrico y representada principalmente por un rumbo general Norte setenta grados Este (N 70° E), con un buzamiento general hacia el Sur; está ubicado al Norte de Guayana expandiéndose a la margen del río Orinoco, ocupando una anchura que va de 65 a 130 Km, con una longitud de aproximadamente 510 Km (Mendoza, V. 2005).

La edad se estima en 2.6 G.a, de acuerdo a las dataciones radiométricas Sm/Nd (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1969).

El Complejo de Imataca esta propiamente caracterizado por una serie de horizontes ferríferosinterestratificados con gneises cuarzo feldespáticos y anfibolitas, piroxenitas, afectados a su vez por intrusiones de rocas graníticas y diques basálticos (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1969).

En la Tabla 2.8 se muestra el promedio de la composición química de las rocas del Complejo de Imataca, según Mendoza, V. (2005).

Tabla 2.8 Promedio de la composición química de las rocas del Complejo de Imataca (Mendoza, V. 2005).

		1	2	3	4	5	6	7
O X I D O S	SiO ₂	72,29	72,88	70,47	61,36	50,62	51,05	49,69
	TiO ₂	0,19	0,16	0,28	0,59	1,23	1,39	1,12
	FeO	1,12	1,19	1,45	6,08	13,41	13,15	13,52
	MnO	0,027	0,034	0,042	0,088	0,188	0,197	0,169
	MgO	0,4	0,47	0,33	2,68	7,19	6,6	6,89
	CaO	1,49	0,99	0,67	5,27	11,47	11,49	9,21
	K ₂ O	4,5	4,15	5,56	2,07	0,49	0,51	1,97
	Na ₂ O	4,26	5,19	4,69	3,82	1,35	1,39	2,46
	P ₂ O ₅	0,081	0,139	0,101	0,254	0,402	0,392	0,92
% en peso								
E L E M E N T O S T R A Z A	Ba	655	589	884	412	74	120	466
	Co	3	6	4	25	67	48	55
	Cr	8	13	12	271	469	168	663
	Cu	8	27	6	34	86	80	128
	Li	32	22	34	18	12	13	9
	Ni	3	5	7	47	244	47	137
	Pb	27	25	28	21	16	17	21
	Rb	127	81	142	37	8	11	123
	Sr	95	158	141	276	177	165	369
	V	13	10	21	65	146	173	136
	Zn	19	38	36	74	125	126	87
	Zr	285	301	260	242	135	145	149

1- Granulitas félsicas ácidas de color rojo; 4 muestras; 2 Granulitas félsicas ácidas de color verde; 4 muestras; 3- Gneises Graníticos, 4 muestras; 4 - Granulitas félsicas intermedias , 5 muestras; 5 Granulitas lomagbléndicas máficas, 4 muestras; 6- Anfibolitas, 2 muestras; y 7 - Granulitas Bioticas máficas, 4 muestras. Promedios calculados de DOUGAN (1.977 , Tabla II).

2.4.2 Fajas de Ascanio

En la zona comprendida entre el río Aro y el río Caroní, Ascanio, G. (1975) definió un conjunto de siete fajas de rocas, separadas por corrimientos en ángulos bajos. Estas son: Faja de la Encrucijada, Faja de Laja Negra, Faja de Santa Rosa, Faja de Ciudad Bolívar, Faja de La Naranjita, Faja La Ceiba (Figura 2.11).

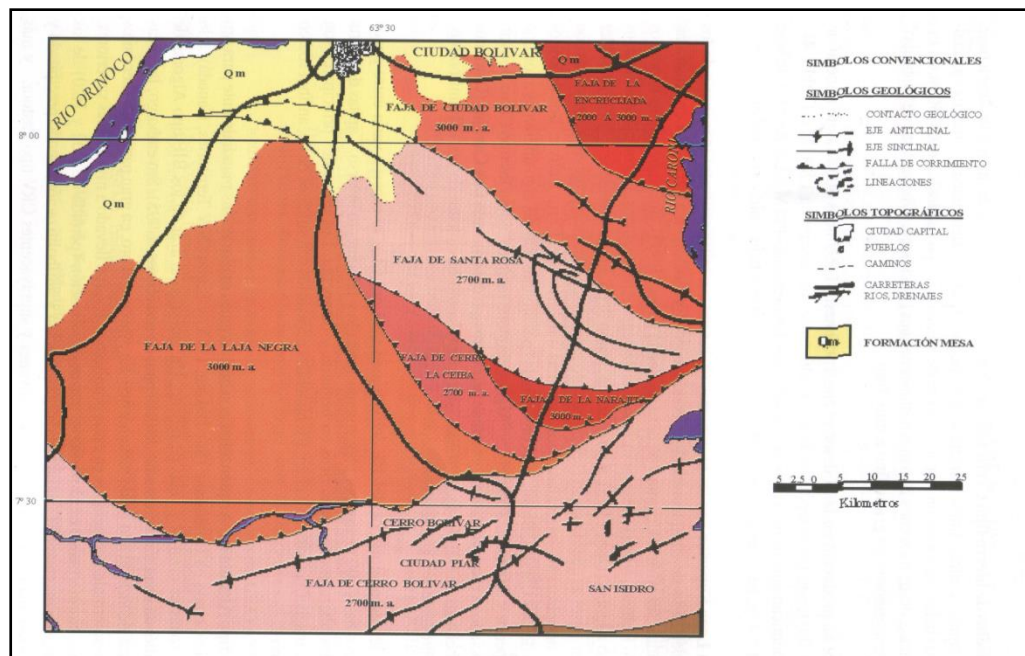


Figura 2.11 Complejo de Imataca al sur del río Orinoco en la zona comprendida entre el río Aro y Caroní, el cual fue definido por un conjunto de rocas en siete fajas separadas por corrimientos de ángulos bajo (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.1 Faja de la Encrucijada

Conformada principalmente por gneises piroxénicos y monzogranitos de colores verdes, grises y rosados, con textura de grano medio a grueso, se presentan bandeados, a veces granulares y en ocasiones porfídicos y, dentro de los cuales se han emplazado sienitas cuarcíferas y los granitos de La Encrucijada (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.2 Faja de Ciudad Bolívar

Constituida por gneises cuarzo-feldespáticos de grano grueso, generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfibolitas. Contiene “formaciones de hierro” de grano medio, entre los cuales el de mayor importancia es el cerro María Luisa. Las estructuras presentan un rumbo general N 60° W. Al norte del cerro María Luisa y hacia el sur de la Serranía de Buenos Aires, María Luisa, se presenta el desarrollo de gneises monzograníticos, sienograníticos y granodioríticos con textura de grano grueso, de color rosado, dentro de los cuales se observa la presencia de restos de gneises anfibólicos. De esto se deduce, que aquí sucedió la ocurrencia de un proceso de cuarzo feldespaticización que avanzó reemplazando la plagioclasa por microclino y formando vetas de cuarzo en los contactos de los gneises con las anfibolitas (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.3 Faja de Santa Rosa

Reposa sobrecogida sobre la Faja de Ciudad Bolívar y debajo de las Fajas: La Naranjita, La Ceiba y Laja Negra. La Faja de Santa Rosa se encuentra representada litológicamente por gneises cuarzo-feldespático-biotíticos, gneises bandeados e intercalados con anfibolitas y capas delgadas de “formación de hierro” y cuarcita blanca. El rumbo general de la faja es N 60° W (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.4 Faja de La Naranjita

Esta faja constituye un codo estructural del Complejo de Imataca. Al este del sitio denominado La Naranjita, las estructuras se presentan con una dirección nor-este, mientras que al oeste toman un rumbo preferencial Nor-Oeste. La Faja está representada por una litología que consiste básicamente en afloramientos de gneises

de grano grueso, en ocasiones bien bandeados, intercalados con anfibolitas y con lentes delgados de “formaciones de hierro”.

Un detalle característico de esta faja, es la presencia de estructuras de doble declive (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.5 Faja de Cerro La Ceiba

Aflora desde 18 Km. al oeste del cerro La Ceiba hasta el río Tocomá, al pie del cerro Toribio. La faja presenta una forma lenticular con una anchura que no va más allá de 10 Km. y está conformada litológicamente por gneises cuarzo-monzoníticos de color rosado, con textura de grano grueso, contorsionados con desarrollo de pegmatitas paralelas al bandeamiento. El conjunto litológico es bastante uniforme que, al sufrir los efectos de los agentes del intemperismo, se erosiona produciendo formas topográficas dómicas, redondeadas y desnudas. Las estructuras presentan un rumbo general N 45° W (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.6 Faja de Laja Negra

Esta Faja se presenta cruzada por la carretera Ciudad Piar – Ciudad Bolívar, desde el puente sobre el río Yauno hasta el puente sobre el río Orocopiche. Litológicamente está constituida básicamente por gneises cuarzo-feldespático-biotítico, contorsionados, de grano grueso, con vetas delgadas de pegmatitas que en ocasiones cortan la foliación; sin embargo, en la mayoría de los cuales es paralela a ésta (Ascanio, G. 1975).

2.4.2.7 Faja de Cerro Bolívar

Esta faja se observa aflorante desde la falla de Gurí-río Carapo. Su composición litológica la define gneises-cuarzo-feldespáticos de colores grises y rosados, “formaciones de hierro” de poco espesor, las cuales afloran en los núcleos de los anticlinales. Las “formaciones de hierro” de grano fino, las cuales se encuentran alojadas en la parte superior de los sinclinatorios, llegan a alcanzar hasta los 200 m de espesor. Estas formaciones son de vital importancia desde el punto de vista geológico-minero y económico, ya que a partir de ellas, por procesos de laterización, tuvieron origen los yacimientos ferríferos de los cerros Arimagua, San Isidro, Altamira, cerro Bolívar, El Trueno y otros intermedios. Las estructuras de estas fajas presentan un rumbo preferencial N 60° E, con un grado de metamorfismo que varía desde el de anfibolita hasta el de granulita piroxénica (Ascanio, G. 1975).

La Provincia de Imataca registra seis (06) o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas de corrimiento. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte los pliegues tienen rumbo Nor-oeste, mientras que en la parte Sur, la tendencia dominante de los pliegues es N60°-70°E, que es la que predomina regionalmente, es decir, aproximadamente paralela a la falla de Gurí (Mendoza, V. 2005).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Ascanio, G. (1975) El Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar estado Bolívar, Venezuela. El propósito de la investigación consiste en determinar la composición de las rocas presentes en el complejo de Imataca y definir la composición mineralógica de cada una de las siete fajas las cuales son: Faja de La Encrucijada, Faja de Ciudad Bolívar, Faja de Santa Rosa, Faja de La Naranjita, Faja de la Ceiba, Faja de Laja Negra y Faja de Cerro Bolívar, así como la importancia geoeconómicas de las rocas allí presentes (Figura 3.1).

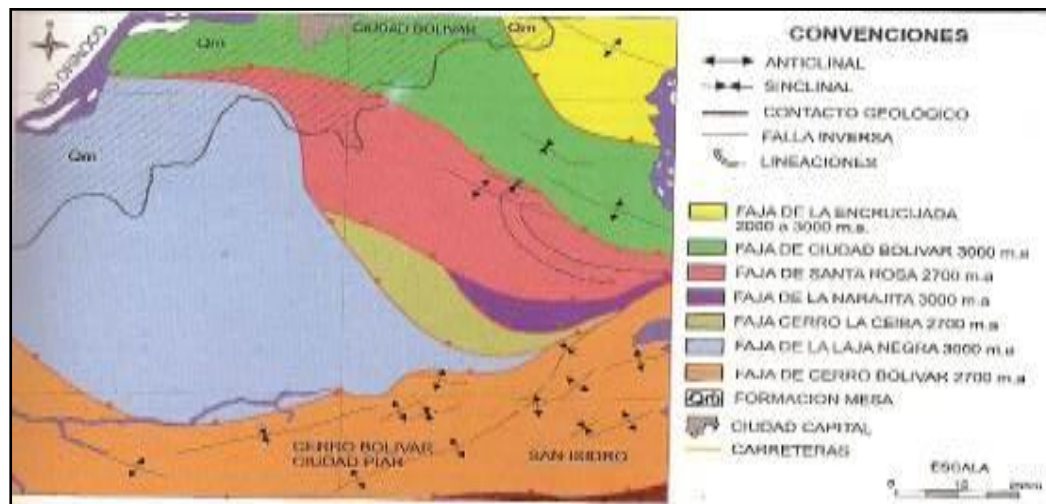


Figura 3.1 Mapa esquemático del Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar, mostrando las diferentes fajas tectónicas (Ascanio, G. 1975).

Este proyecto aporta mucha información útil en cuanto a la caracterización geológica, mapas y planos, ya que guarda estrecha relación con la investigación que se está desarrollando. Será el punto de partida para establecer comparaciones y aportar nueva información.

De igual manera Ascanio, G. (1975), realizó una sección litológica y estructural, en dirección N-S, donde se aprecian las relaciones entre cada faja (Figura 3.2).

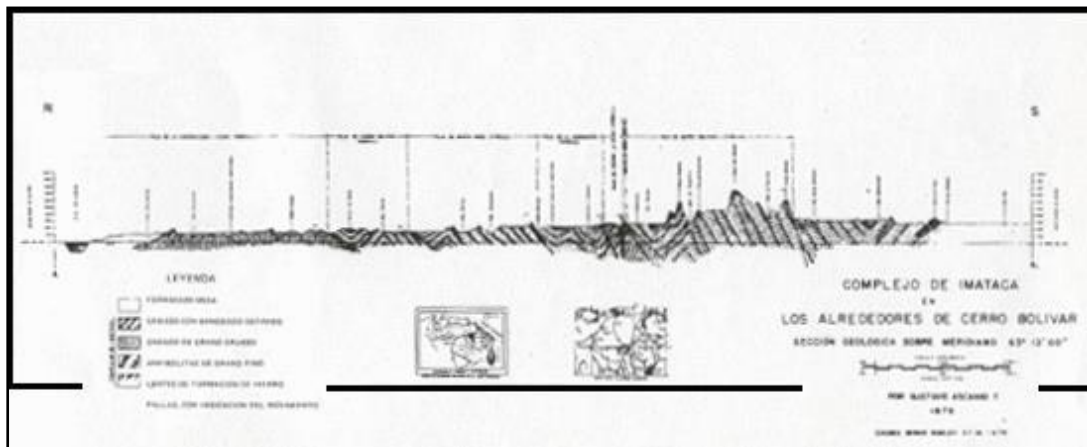


Figura 3.2 Sección original N-S de las fajas de Ascanio (Ascanio, G, 1975).

Rodríguez, J. (1997) destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia en usos ornamentales e industriales. De este trabajo de investigación se consideraron los análisis petrográficos y mineralógicos usados para diferenciar cada faja (Figura 3.3).

Lagrange, A. y Rivero, C. (2002) realizaron la “Caracterización litoestratigráfica de la Provincia Geológica de Imataca en el marco de los proyectos inventarios y prospecciones desarrollados por C.V.G TECMIN C.A. el objetivo principal de este trabajo es complementar la información existente sobre la provincia geológica de Imataca, en cuanto a unidades litoestratigráficas, tipos litológicos, génesis y potencialidad geoeconómica de ésta provincia, la cual se extiende en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 50 km y 80 km, respectivamente. Ésta investigación nos brinda información relevante sobre caracterización geológica que nos ayuda a complementar nuestro proyecto.

Murillo, N. (2005) Actualización y caracterización petrográfica de las rocas del Complejo de Imataca aflorantes en la zona, cubierta por la hoja Marhuanta n° 7540 a escala 1:100.000, Estados Bolívar y Anzoátegui. El propósito de esta investigación es de revisión y actualización geológica de la hoja Marhuanta N° 7540 además de delimitar sus unidades estratigráficas y estudiar petrográficamente la litología del Complejo de Imataca, en vista que la hoja comprende una amplia área de este basamento ígneo-metamórficos y por poseer un potencial geomecánico de rocas con fines ornamentales. Entre los aportes de esta investigación al estudio se tienen información geológica de la zona de estudio. Ésta investigación brinda información en cuanto a caracterización geológica, unidades estratigráficas y litologías y descripciones de las siete Fajas de Ascanio.

3.2 Definición de términos básicos

3.2.1 Afloramiento

Se denomina área total en la que una unidad rocosa determinada o estructura, aparece en la superficie del terreno o inmediatamente debajo de los sedimentos superficiales, ya sea visible o no (Iriondo, M. 1985).

3.2.2 Buzamiento

Es el ángulo de inclinación de un plano geológico, como por ejemplo una falla, medido desde un plano horizontal. El buzamiento incluye tanto el valor del ángulo de inclinación como la dirección hacia la cual la roca está inclinada (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.3 Deformación

La deformación (de = fuera; forma = forma) es un término general que se refiere a todos los cambios de tamaño, forma orientación o posición de una masa rocosa. La mayor parte de la deformación de la corteza tiene lugar a lo largo de los márgenes de las placas (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.4 Diaclasas

Son fracturas a lo largo de la cual no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos (Iriondo, M. 1985).

3.2.5 Dirección

También conocido como rumbo, es el ángulo entre el norte magnético y una línea obtenida mediante la intersección de un estrato inclinado o falla, con un plano horizontal. La dirección, o rumbo, se suele expresar como el valor de un ángulo en relación con el norte. Por ejemplo, (N 10 E) significa que la línea de dirección se dirige 10 al este desde el norte (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.6 Erosión

Conjunto de fenómenos exteriores de la corteza terrestre que contribuyen a modificar las formas creadas por el tectonismo y el vulcanismo y en donde actúan los agentes erosivos, distinguiéndose entre ellos: la lluvia, corrientes o ríos, viento, hielo, el oleaje, biológicos y el hombre (erosión antrópica) (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.7 Fallas

Son el mecanismo generalizado de deformación de la corteza, si se le compara con los plegamientos que solo afectan fajas limitadas. Muchas cadenas montañosas aparecen por la acción exclusiva del fallamiento, las sierras Pampeanas son un ejemplo de este fenómeno (Iriondo, M. 1985).

3.2.8 Geología

Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta tierra. La ciencia de la geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología física, estudia los materiales que componen la tierra busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. El objetivo de la Geología histórica es comprender el origen de la tierra y su evolución a lo largo del tiempo. Por tanto, procurar ordenar cronológicamente los múltiples cambios físicos biológicos que han ocurrido en el pasado geológico. El estudio de la geología física precede lógicamente al estudio de la historia de la Tierra, porque, antes de intentar revelar su pasado, debemos comprender primero como funciona la tierra (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.9 Geología estructural

Los resultados de la actividad tectónica son impresionantes en los principales cinturones montañosos de la tierra donde pueden encontrarse rocas que contienen fósiles de organismos marinos miles de metros por encima del nivel del mar actual y las unidades rocosas están intensamente plegadas, como si fueran de masilla. Incluso en los interiores estables de los continentes, las rocas revelan una historia de deformación que muestra que han aflorado de niveles mucho más profundos de la corteza (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.10 Granito

Es una roca de origen intrusivo y de textura fanerítica compuesta por más de 50% de feldespato potásico y plagioclasas rica en sodio (comúnmente oligoclasa (An10-An30), ambos en textura peritítica y de anhedrales a subhedrales, así como entre 25% y 35% de cuarzo. En las variedades porfidíticas, el fenocristal común es feldespato alcalino (Méndez, J. 2006).

3.2.11 Gneises

Los gneises se derivan del metamorfismo de grado alto. Gneis es el término que se aplica a las rocas bandeadas con minerales granulares y alargadas, en oposición a las alargadas de los esquistos. Los minerales más comunes son el cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas, así como cantidades menores de moscovitas, biotitas y hornblendas. El bandeo característico de los gneis se deriva de la regresión en bandas de los minerales claros y oscuros. La mayoría de los gneis consisten en bandas alternas, de zonas ricas en feldespatos blancos y/o rojizos y en capas de minerales ferromagnesianos (Méndez, J. 2006).

3.2.12 Grietas

Son de difusión extraordinariamente amplia en la corteza terrestre. Se encuentran en casi todas las rocas, excepto en las más movedizas y más empapadas, en las que las grietas no pueden conservarse (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.13 Pliegues

Capa o serie de capas dobladas que originalmente eran horizontales y después se deformaron (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.14 Rocas Ígneas

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, proceso que puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en la superficie. Las rocas ígneas se componen de rocas intrusivas o 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 (Méndez, J. 2006).

3.2.14.1 Textura de las rocas ígneas

El termino textura se utiliza para describir el aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de los cristales, la textura nos permite conocer el origen, ambiente en el cual se formó la roca (Méndez, J. 2006).

Entre los tipos de texturas de las rocas ígneas se encuentran las siguientes:

3.2.14.2 Textura fanerítica (grano grueso)

Texturas de rocas de origen intrusivo. Textura de grano grueso, visible a simple vista, desarrollada en rocas ígneas, derivadas de magmas con cristalización y solidificación lenta en el interior de la corteza terrestre (Méndez, J. 2006).

3.2.14.3 Textura afanítica (grano fino)

Textura de rocas de origen extrusivo. Rocas ígneas de grano fino que se forman en la superficie de la tierra directamente por emisión de la lava volcánica o dentro de la corteza superior donde el enfriamiento es relativamente rápido (Méndez, J. 2006).

3.2.14.4 Textura porfídica

Texturas de las rocas ígneas caracterizada por dos tamaños de cristales claramente diferentes. Los cristales más grandes se denominan fenocristales, mientras que la matriz de cristales más pequeños se denomina pasta. Esta textura se origina cuando las grandes masas de magmas se localizan muy profundamente y la solidificación es muy lenta (Méndez, J. 2006).

3.2.14.5 Textura vítrea

Se forma cuando la lava derivada de las erupciones volcánicas es enfriada rápidamente, con lo cual iones se agrupan desordenadamente y no producen una estructura cristalina ordenada, tomando la apariencia de un vidrio o textura vítrea. Sin embargo, el enfriamiento rápido no es el único mecanismo para la formación de la textura. Los magmas con alto contenido de sílice tienden a formar estructuras largas y en cadena antes de la cristalización se complete (Méndez, J. 2006).

3.2.14.6 Textura piroclástica

Se forma por la consolidación de fragmentos de rocas individuales, que son expulsados durante las erupciones volcánicas. Las partículas expulsadas pueden ser cenizas muy finas, gotas fundidas o grandes bloques de rocas angulares arrancados de las paredes de la chimenea volcánica durante la erupción (Méndez, J. 2006).

Como las rocas piroclásticas están compuestas de partículas o fragmentos individuales, antes que de cristales interconectados, la textura suele ser parecida a las rocas sedimentarias (Méndez, J. 2006).

3.2.14.7 Textura pegmatítica

Son rocas ígneas de granos especialmente gruesos, compuestos por cristales interconectados mayores de un 1 cm de diámetro. La mayoría de las pegmatitas se forman en venas cerca de los bordes de los cuerpos magmáticos durante la última etapa de la cristalización. Como el agua y otros volátiles no cristalizan dentro de un cuerpo magmático, los fluidos constituyen un elevado porcentaje del fundido final (porción líquida del magma una vez excluida los componentes sólidos) (Méndez, J. 2006).

3.2.14.8 Textura poiquilitica

Inclusiones de pequeños cristales dentro de pórfidos (fenocristales). Generalmente los fenocristales son de feldespato potásico de rocas graníticas. Las inclusiones cristalizan primero que el pórfido (Méndez, J. 2006).

3.2.14.9 Textura ofítica

Es una clase de roca dentro de la textura porfídica. Es característica de las rocas maficas. Con crecimiento de cristales de plagioclasas dentro de cristales de piroxenos. Mientras en la textura sub ofíticas hay crecimiento de cristales de plagioclasas en la periferia de cristales de piroxenos (Méndez, J. 2006).

3.2.14.10 Textura rapakivi y antirapakivi

Fenocristales ovoides de feldespatos alcalinos encerrados por una corteza de plagioclasas (oligoclasa) indican textura rapakivi. A la inversa de es la textura antirapakivi. La mezcla de magmas de diferentes composiciones es uno de los mecanismos compuestos (Méndez, J. 2006).

Los factores que afectan la textura de las rocas ígneas son las siguientes:

1. Velocidad de enfriamiento.
2. Cantidad de sílice presente.
3. Cantidad de gases disueltos en el magma.

3.2.15 Rocas metamórficas

Roca formada por la modificación de otras rocas existentes, sean ígneas, sedimentarias o metamórficas en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos (Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005).

3.2.15.1 Metamorfismo

Se define como los cambios en la composición mineral y textural de una roca sometida a elevadas temperaturas y presiones. También se puede definir como los cambios mineralógicos y estructurales en las rocas solidas por las condiciones químicas y físicas a las cuales han sido impuestas en profundidades donde difieren de los procesos de meteorización y diagénesis (Méndez, J. 2006).

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

3.2.15.2 Factores que controlan el metamorfismo

Los factores fundamentales del metamorfismo son el calor, la presión (esfuerzo) y fluidos químicamente activos. Durante el metamorfismo las rocas suelen estar sujetos a los 3 factores, pero el grado de metamorfismo y la contribución de cada factor varia con el ambiente metamórfico (Méndez, J. 2006).

1. Calor: es el factor metamórfico más importante ya que proporciona la energía que impulsa los cambios químicos que resultan en la recristalización de los minerales. En términos 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 (magma) que asciende (Méndez, J. 2006).

2. Presión y esfuerzo: la presión aumenta con la profundidad y las rocas enterradas son sometidas a una fuerza, o 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 de la presión de confinamiento, las rocas son sometidas a fuerzas tectónicas direccionales, denominadas esfuerzos diferenciales durante la formación de montañas. Estos esfuerzos diferenciales, son de tipo compresivo cuando actúan para acortar el volumen de la roca y de tensión cuando alargan o separan las masas rocosas (Méndez, J. 2006).

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

3.2.15.3 Tipos de metamorfismo

➤ Metamorfismo de contacto: este metamorfismo ocurre cuando la roca está cerca de una masa ígnea o en contacto con esta. Los cambios son causados fundamentalmente por las altas temperaturas del material fundido y el calentamiento de las rocas circundantes. En la roca huésped, se forma una zona de alteración denominada aureola o halo alrededor del emplazamiento del magma (Méndez, J. 2006).

➤ Metamorfismo dinámico o cataclástico: es el tipo de metamorfismo en el que intervienen fuerzas mecánicas. Es el tipo de metamorfismo menos común y de proporciones menores, desarrollándose a lo largo de las zonas de las 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 (Méndez, J. 2006).

➤ Metamorfismo regional: es el que genera el mayor volumen de rocas metamórficas y está asociada a la formación de cadenas de montañas. En este proceso, grandes cantidades de rocas están sometidas a presiones dirigidas y elevadas temperaturas, y grandes segmentos de la corteza terrestre, se deforman activamente mediante pliegues y fallas, originando también metamorfismo dinámico o cataclástico (Méndez, J. 2006).

➤ Metamorfismo hidrotermal: este metamorfismo está asociado con las dorsales oceánicas, donde los magmas basálticos están formando nueva corteza oceánica. El agua del mar penetra a través de los basaltos que se encuentran a altas temperaturas y fracturas, cuando son expulsados como magma. Las altas temperaturas promueven las reacciones químicas entre el agua del mar y las rocas, formando alteraciones que difieren de los basaltos originales (Méndez, J. 2006).

➤ Metamorfismo en colisión continente-continente: ocurre durante el fin de una cuenca oceánica, cuando la subducción termina por consumir la placa oceánica, es la colisión de 2 continentes (Méndez, J. 2006).

3.2.15.4 Minerales metamórficos más comunes

La recristalización a altas temperaturas produce un grado característico de minerales metamórficos. Por otra parte algunos de los mismos minerales encontrados en las rocas ígneas, tales como el cuarzo, mica biotita, piroxenos, anfíboles y feldespatos, persisten o reaparecen durante la recristalización (Méndez, J. 2006).

La sillimanita y andalucita, tienen la misma composición, ambas son aluminosilicatos de Al_2O_3 , pero cada uno tiene una estructura reticular diferente.

El almandino es uno de los minerales del grupo del granate, aluminosilicatos de magnesio, hierro, calcio o manganeso que cristalizan según el sistema isométrico (Méndez, J. 2006).

La estauroлита, un aluminosilicato de hierro hidratado, se forma en condiciones de presión y temperatura intermedias.

La clorita, es un blando silicato de hierro y magnesio hidratado de color verde y en cierto modo se parece a las micas, con una estructura laminar que forman finas hojuelas de exfoliación (Méndez, J. 2006).

El talco es un mineral muy blando, escamoso, un silicato de magnesio hidratado, y se clasifica como mineral arcilloso. El talco se presenta en rocas metamórficas derivadas de minerales máficas, tales como olivino, piroxenos y anfíboles (Méndez, J. 2006).

3.2.16 Geoquímica

Según la definición original de, la geoquímica es la ciencia que se ocupa de dos ramos, la determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra y el estudio de la distribución y de la migración de elementos individuales en varias partes de la tierra con el objetivo de descubrir los principios, que controlan la distribución y la migración de los elementos (Rose, T. 1979) (Tabla 3.1).

3.2.16.1 Clasificación las rocas magmáticas en base a la alcalinidad

Las rocas ígneas se pueden dividir en base a la alcalinidad ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) en rocas alcalinas y rocas subalcalinas. Este criterio se basa en la relación álcalis con respecto a la sílice (Figura 3.5).

Las rocas alcalinas no deben ser confundidas con las rocas peralcalinas y, aun cuando la mayor parte de las peralcalinas son también alcalinas, las rocas alcalinas no necesariamente son peralcalinas (Méndez, J. 2006).

La serie alcalina es compleja y poco frecuente. Esta serie es típica de ambientes intraplaca, tanto oceánicos como continentales (Whitten y Brooks, 1972).

Se conocen dos series del tipo subalcalina diferenciadas por la variabilidad de los componentes principales durante el fraccionamiento del magma (MgO , FeO y $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), que contienen una asociación volcánica más común: Basalto-Andesita-Dacita-Riolita o la asociación típica intrusiva de Gabro-Diorita-Granodiorita-Granito. Estas series se definen como tholeíticas (o de Fenner) y calco-alcalinas (Méndez, J. 2006).

Tabla 3.1 Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (Rose, T. 1979).

Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm	Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm
Bromo	Br	1,8	Mercurio	Hg	0,02
Cadmio	Cd	0,1	Molibdeno	Mo	1,5
Calcio	Ca	33000	Niobio	Nb	20
Carbono	C	230	Níquel	Ni	75
Cerio	Ce	81	Oro	Au	0,003
Cesio	Cs	3	Oxígeno	O	473000
Cinc	Zn	2	Paladio	Pd	0,01
Circonio	Zr	150	Plata	Ag	0,05
Cloro	Cl	130	Platino	Pt	0,0005
Cobalto	Co	25	Plomo	Pb	10
Cobre	Cu	50	Potasio	K	25000
Cromo	Cr	100	Renio	Re	0,0006
Escandio	Sc	13	Rubidio	Rb	150
Estaño	Sn	80	Selenio	Se	0,1
Estroncio	Sr	300	Silicio	Si	291000
Flúor	F	600	Sodio	Na	25000
Fósforo	P	900	Talio	Tl	0,45
Galio	Ga	26	Tantalio	Ta	2
Germanio	Ge	2	Telurio	Te	0,002
Hafnio	Hf	3	Titanio	Ti	4400
Hierro	Fe	46500	Torio	Th	10
Indio	In	0,1	Uranio	U	2,5
Lantano	La	25	Vanadio	V	150
Litio	Li	30	Volframio	W	1
Magnesio	Mg	17000	Yodo	I	0,15
Manganeso	Mn	1000			

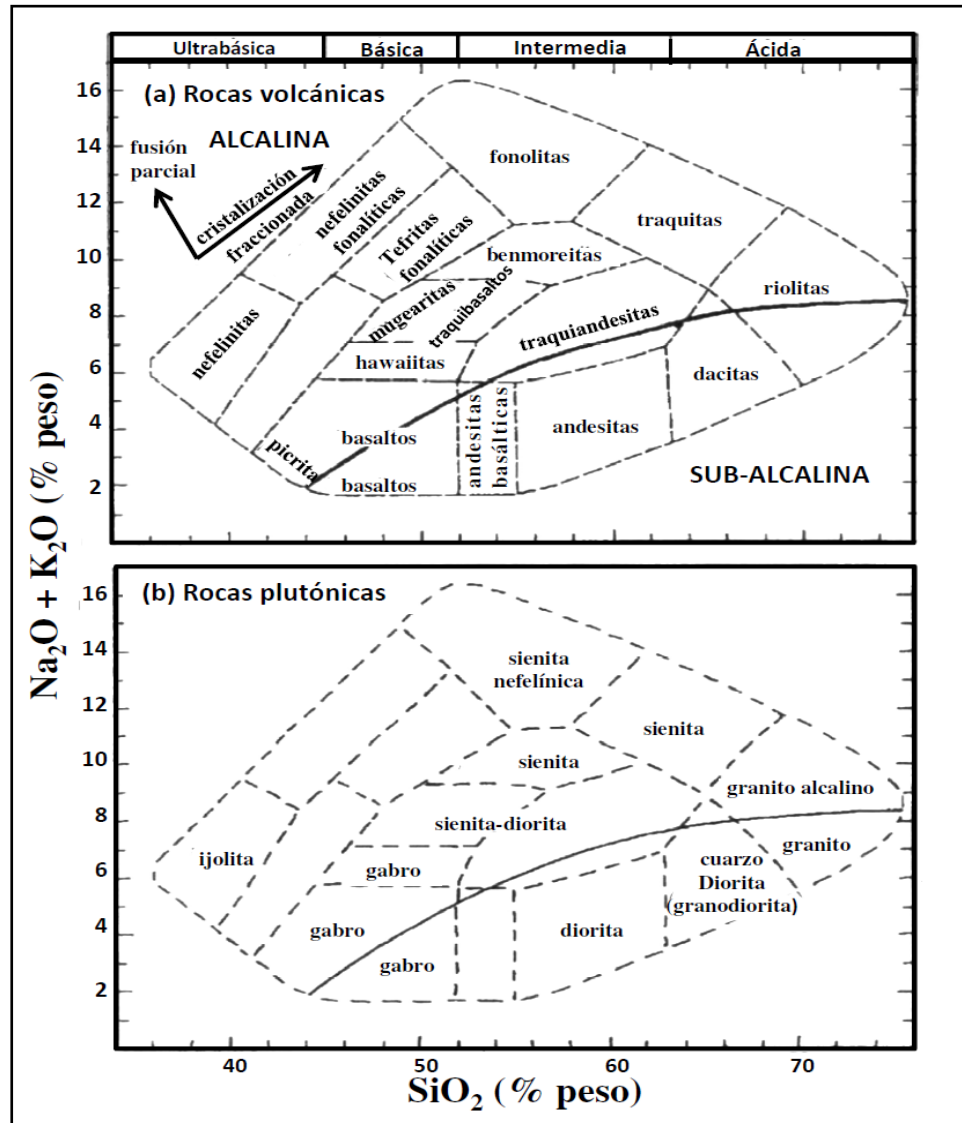


Figura 3.5 Relación de peso entre $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ con respecto a SiO_2 (Wilson, 1989) tomado de Méndez, J. (2006).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel de la investigación

Arias, F. (2006) define la investigación exploratoria como “aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimiento” y la investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”.

La situación propuesta se fundamenta en “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado, referido a la caracterización geológica de los afloramientos rocosos del Cerro El Zamuro y sus alrededores y en función de sus objetivos, el tipo de investigación se enmarcara dentro de los siguientes aspectos: exploratoria debido a que se tiene poca información sobre el área de estudio; de igual manera es descriptiva puesto que se basa en una caracterización geológica y se analizaran datos registrados u obtenidos en campo.

4.2 Diseño de investigación

Arias, F. (2006) estableció que “La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes

documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos”; y que “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes”.

El diseño de la investigación a desarrollar, se considera documental por las bases teóricas necesarias para la formulación y aplicación de la metodología investigativa seleccionada, lo que es para ampliar los conocimientos del tema en estudio y obtener mejores resultados, de igual manera es de campo, ya que se hicieron visitas al área de estudio y recolección de datos.

4.3 Población de la investigación

Arias, F. (2006) define la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”.

Para esta investigación la población corresponde a los afloramientos rocosos del Cerro el Zamuro y sus alrededores.

4.4 Muestra de la investigación

Arias, F. (2006) precisa que “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”

Durante las labores de campo recolectaron cinco (5) muestras en distintos puntos de los afloramientos, las cuales se destinaron para su estudio petrológico y químico.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias, F. (2006) define la técnica como “Un instrumento de recolección de datos de cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

De acuerdo a lo anterior, las técnicas usadas para esta investigación se basan en revisión bibliográfica (análisis documental), publicaciones en internet, la observación directa, los cuales permitirán observar e identificar de forma física, mediciones y descripciones “in situ” de los eventos o factores geológicos presentes en el área.

4.6 Etapas de la investigación

Las fases de la presente investigación están representadas en el esquema de la Figura (4.1).

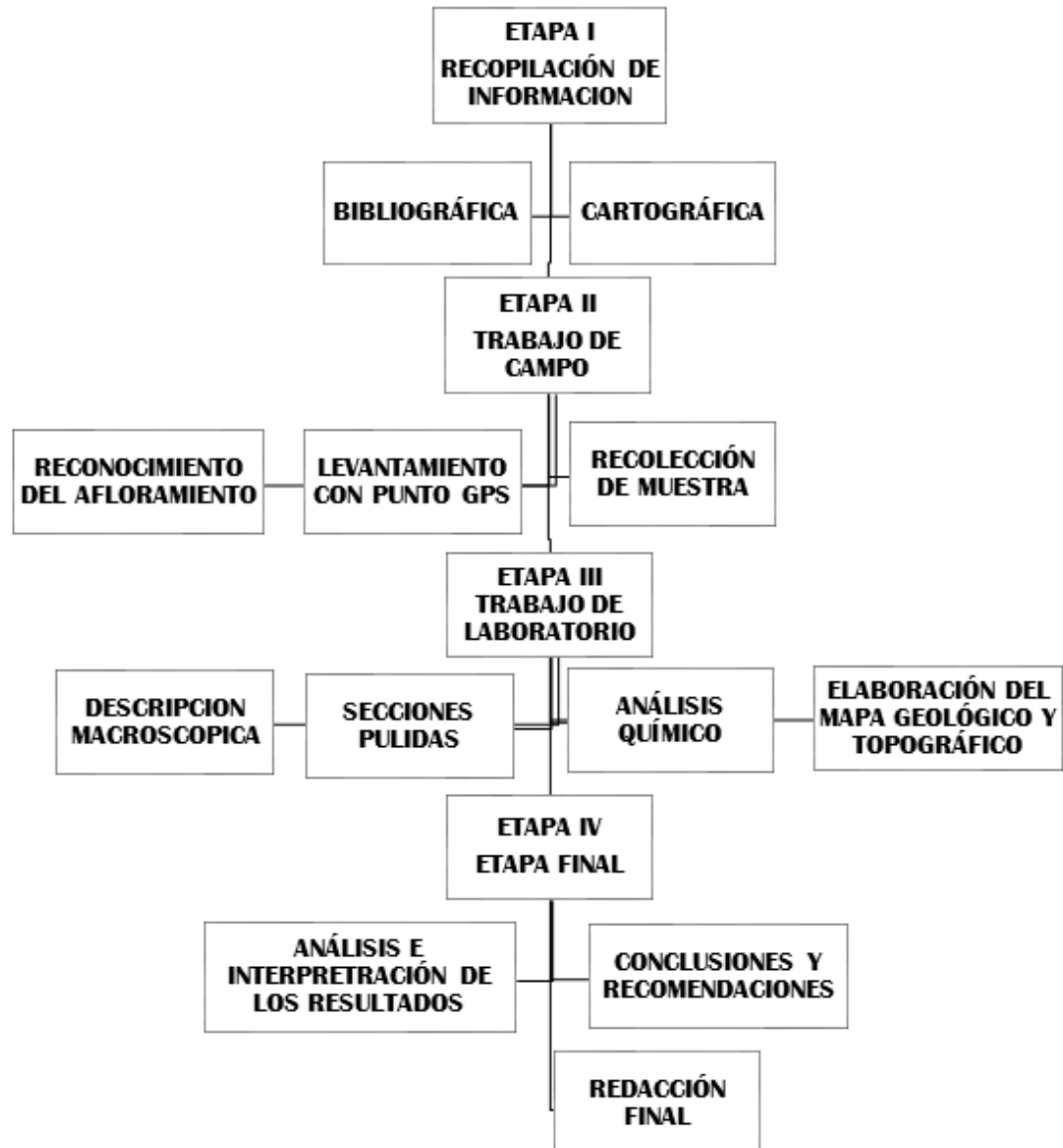


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.

4.6.1 Etapa I. Recopilación documental y cartográfica

Se refiere a la etapa inicial de todo proyecto de investigación. Ésta, comprende la recopilación documental y cartográfica.

4.6.1.1 Recopilación documental

En esta etapa del proyecto se llevó a cabo buscando información relacionada al tema, en textos, trabajos de grado impresos y virtual, referencias electrónicas (páginas web), que tratan sobre la geología y trabajos geológicos, realizados en zonas cercanas al área de estudio, que tratan sobre la geología, trabajos geológicos, métodos explotación, realizados en zonas cercanas al área de estudio.

4.6.1.2 Recopilación cartográfica

Esta fase de trabajo se llevó a cabo revisando la cartográfica de la zona de estudio mediante la Hoja de Catastro Minero 7439-II-NE de Marhuanta, a escala 1:100.000, del Instituto Cartográfico Simón Bolívar y la imagen de radar NB-20-3, a escala 1:250.000. El resultado de esta fase fue la digitalización y elaboración del mapa base topográfico del Cerro El Zamuro.

4.6.2 Etapa II. Trabajo de campo

En esta etapa de la investigación se desarrollaron las actividades de campo sobre el afloramiento y puntos cercanos, tales como: reconocimiento del área, levantamiento con puntos de GPS, recolección de muestras y descripción de las muestras.

4.6.2.1 Reconocimiento del afloramiento

Las labores de exploración consistieron en realizar un reconocimiento geológico general del área de estudio, además de tomar fotografías, identificar las condiciones del terreno; la geología, geomorfología, ubicación geográfica del afloramiento, selección de áreas de fácil acceso y estado de las vías, todo esto, con la finalidad de determinar sus características geológicas, y químicas (Figura 4.2).



Figura 4.2 Reconocimiento y anotaciones de estaciones geológicas en la falda del Cerro El Zamuro.

4.6.2.2 Levantamiento con puntos GPS

Durante esta etapa, se realizó un levantamiento topográfico. Para ello se utilizó un Geoposicionador Satelital (GPS), de última generación Garmin 60 CSX, se tomaron puntos geográficos con coordenadas y sus respectivas elevaciones, con estos datos obtenidos se determinaron las posiciones, para la elaboración del mapa geológico (Figura 4.3).



Figura 4.3 Levantamiento expeditivo del afloramiento Cerro el Zamuro, con equipo portátil de ubicación (GPS).

4.6.2.3 Recolección de muestras

Para la ejecución del levantamiento y la obtención de las muestras; Los materiales y equipos utilizados fueron los siguientes: GPS, brújula Bruntóm, cinta métrica, mandarina de 15 kg., lupas 10X de geólogo, bolsas para muestras, marcadores, tiro, lápices de grafito, libretas de campo, identificativo para las bolsas, vehículo rústico, cámara digital, piquetas, botas para campo y machetes (Figura 4.4).

Las muestras recolectadas fueron superficiales, debido al instrumento usado para fracturar la roca.



Figura 4.4 Equipo geoposicionador, para la ubicación de muestras y estructuras del Cerro El Zamuro.

De todas las cinco (5) muestras recolectas, por la homogeneidad que presentaban se escogieron dos (2), para las secciones pulidas. Las coordenadas de ubicación se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo.

MUESTRA	ESTE	NORTE
M-1	439405	899476
M-2	439441	899525
M-3	439318	899515
M-4	439366	899532
M-5	438542	899274

4.6.3 Etapa III. Trabajos de laboratorio

En esta etapa de la investigación consistió en la recolección de los elementos tomados en campo y de la interpretación del material cartográfico, e imágenes satelitales. De todas las muestras recolectas, por la homogeneidad que presentaban se escogieron dos (2) ejemplares, uno de cada litología aflorante. Las muestras fueron llevadas a la empresa GRANITOS BOLÍVAR, donde se prestó el apoyo para el cortado y pulido de las muestras.

4.6.3.1 Descripción macroscópica

Seguidamente, con la ayuda de una lupa de geólogo y libreta de campo, se procedió a realizar la descripción macroscópica (Figura 4.5).



Figura 4.5 Descripción de una muestra de mano del gneis rosado, tomada al frente del Liceo Peñalver.

El análisis macroscópico de las muestras afloramientos proporcionó información de importancia en cuanto aspectos, tales como textura, color, mineralogía y grado de meteorización de la roca.

4.6.4 Secciones Pulidas

Para elaboración de las secciones pulidas, se contó con el apoyo de la empresa GRANITOS BOLÍVAR, C.A. En esta empresa se hicieron los cortes y se pulieron dos (2) muestras, una de cada ejemplar representativa de las rocas aflorantes.

El procedimiento para el corte de las rocas consiste en cortar las muestras, en una dirección previamente determinada, usando un disco adiamantado (Figura 4.6).



Figura 4.6 Gneis rosado y aplita observadas en los cortes.

Posterior al corte, se procedió al pulido de la superficie cortada, mediante herramientas de mano. El pulido lo realizamos, siguiendo instrucciones y las normas de seguridad industrial de un supervisor (Figura 4.7).



Figura 4.7 Pulido de la muestra de gneis rosado, usando herramientas manuales.

Finalmente se hizo la observación macroscópica con lupa de geólogo, de forma cualitativa, con el fin de reconocer los minerales.

4.6.5 Análisis químico

Con el propósito de obtener la caracterización geoquímica de las muestras de rocas que afloran en el Cerro El Zamuro, se procedió a analizar tres (3) muestras, para determinar la concentración de elementos mayoritarios SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , TiO_2 y K_2O y los elementos trazas Cr, Co, Zn, Pb, Ni y V

Una vez obtenidas las determinaciones químicas, los datos fueron transcritos en una tabla EXCECEL. Seguidamente se procedió a normalizar los datos químicos para ser introducidos en el gráfico de WILSON (1989). Este grafico proporciona el nombre de la roca en base a los elementos $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus SiO_2 .

4.6.6 Elaboración de Mapa geológico

Esta etapa comprendió la elaboración del mapa topográfico y geológico en función de las coordenadas U.T.M, de los datos recolectados en campo, utilizando un GPS, brújula, la Hoja de Catastro Minero 7439-II-NE de Marhuanta, a escala 1:25.000, del Instituto Cartográfico Simón Bolívar, la imagen satelital del Proyecto CARTOSUR II Spot a color a escala 1:25.000. Sobre esta imagen, se hizo una extracción de la superficie de las imágenes satelitales, con el programa computarizado Global Mapper 14.0 que en su herramienta de trabajo, genera las curvas de nivel. Finalmente se exporta al formato AUTOCAD 2012, para realizar el mapa geológico y simular las condiciones topográficas del cerro.

4.6.7 Etapa. IV Etapa Final

Subsiguientemente, en esta fase se integró toda la información recopilada y generada en todas las etapas anteriores de la exploración del Cerro El Zamuro,

llevando a cabo la caracterización geológica, así como también, las conclusiones, recomendaciones.

4.6.7.1 Conclusiones y recomendaciones

Una vez que es procesada y analizada la información se procede a determinar las conclusiones respectivas de la investigación realizada, así como las recomendaciones a considerar a la hora de realizar trabajos similares.

4.6.7.2 Redacción del Informe final

Luego de la interpretación, análisis y estudio de todos los datos e informaciones recopiladas tanto de campo como de oficina se procedió a redactar las ideas finales, para realizar la estructuración completa del trabajo, siguiendo el formato establecido por la Comisión de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados del estudio aplicado al afloramiento Cerro El Zamuro, con el objetivo de conocer sus cualidades geológicas y químicas.

5.1 Caracterización de las unidades litológicas aflorantes en las zonas de estudios, mediante la geología de superficie, la descripción macroscópica de las muestras y las secciones pulidas

Para la caracterización de las unidades aflorantes en el Cerro El Zamuro y sus alrededores, se hicieron unas visitas a campo y se anotaron trece (13) estaciones geológicas (Tabla 5.1)

Tabla 5.1 Estaciones geológicas levantadas durante las visitas a campo en el Cerro El Zamuro.

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA(msn m)	DESCRIPCIÓN
1	0439658	899525	30	Casa San Isidro. Se observa afloramiento de gneises color rosado claro. Lineamiento mineral de rumbo N35W.
2	0439659	899541	31	Se observaron fracturas de dirección S10E. También se observó la meteorización esferoidal de las rocas graníticas.

Continuación de la Tabla 5.1

3	0439661	899537	27	Lineamiento de minerales en dirección N60°E.
4	0433673	899533	29	Vetas de aplitas en el gneis rosado de rumbo S80°W, de 5,6 y 15 cm de espesor. También se observó falla dextral.
5	0439405	899476	42	Base del Cerro El Zamuro. Se observa la diferencia en el tamaño de grano entre el granito de este sector y el de la Casa San Isidro. M-1.
5A	0439441	899525		Se tomó la muestra M-2, la cual es de grano diferente.
6	0439366	899446	42	Falla de rumbo N30°E y buzamiento vertical.
7	0433388	899494	58	Tope del cerro El Zamuro. Se midió lineamiento mineralógico N80°E.
8	0439318	899515	60	Contacto geológico entre un gneis rosado de grano fino. Y un gneis color gris claro de grano fino. M-3.

Continuación de la Tabla 5.1

9	0439335	899537	61	Lineamiento mineralógico en el gneis color gris claro de rumbo N70°E.
10	0439355	899546	62	Lineamiento mineralógico en el gneis color gris claro de rumbo N80°E.
11	0439366	899532	63	Fractura en gneis color gris claro de rumbo S55°E y buz vertical. M-4.
12	0439366	899531	62	Lineamiento mineralógico en el gneis color gris claro de rumbo N70°E.
13	0438542	899274	21	Cerca del Cementerio, frente a la avenida se observó falla de cabalgamiento. M-5.

5.1.1 Descripción macroscópica de las muestras

Una vez recolectadas las muestras y antes de ser llevadas para la realización de los cortes, se hizo una descripción en campo de cada muestra usando una lupa de geólogo (Tabla 5.2 y Figura 5.1).

Tabla 5.2 Descripción macroscópica de las muestras del Cerro El Zamuro.

Código de Muestras	Coordenadas Regven		Descripción macroscópica
	Norte	Este	
M-1	899476	439405	Roca masiva, homogénea, de color rosado claro con una fábrica textural semi masiva de grano grueso a medio. Se observa en la superficie de la muestra una costra milimétrica de color marrón a amarillenta constituida por óxido de hierro. La roca está constituida por minerales esenciales como cuarzo en parte recrystalizado, feldespatos potásicos y plagioclasas y como minerales accesorios se observa biotita (Gneis granítico potásico).
M-2	899525	439441	Roca de color rosado con una fábrica textural masiva de grano fino y con presencia pegmatitas de xenolitos de granito gris de 3cm de diámetro, la roca está constituida por cuarzo, feldespato potásico rosado y biotita (Gneis granítico potásico).
M-3	899515	439318	Roca de color gris oscuro muy meteorizada y con presencia de manchas de óxido de hierro formadas por oxidación de la pirita, la fábrica textural semi masiva de grano grueso a medio. Los minerales esenciales son cuarzo recrystalizado, feldespatos potásicos y plagioclasas. Se observan minerales accesorios como biotita, anfíbol y escasa magnetita (Gneis granítico cálcico).

Continuación de la Tabla 5.2

M-4	899532	439366	En muestra de mano es una roca dura, fresca, homogénea, de grano fino, de color claro, con tonos gris oscuro a negros por la presencia de minerales máficos, de grano grueso a medio, se observa en la superficie de la muestra una costra milimétrica de color marrón a amarillenta constituida por óxido de hierro. La roca está constituida por minerales esenciales como cuarzo en parte recrystalizado, feldespatos potásicos y plagioclasas y como minerales accesorios se observa anfíbol, biotita y escasa magnetita granuda (Gneis granítico cálcico).
M-5	899274	438542	Roca de color rosado con una fábrica textural masiva sin metamorfismo de grano fino y con presencia en el borde de xenolitos de granito gris de 3cm de diámetro, la roca está constituida por cuarzo, feldespato potásico rosado y biotita (Aplita).

De acuerdo con la Tabla 5.2 las tres (3) litologías presentes son: gneis granítico color rosado, Gneis granítico color moteado (claro y negro con tonos marrones) y pequeños cuerpos intrusivos de aplitas.



Figura 5.1 Secciones pulidas de las muestras de gneises graníticos presentes en el Cerro El Zamuro.

5.2 Determinación de la composición química de las muestras a través del método de absorción atómica

Los análisis químicos se realizaron a las tres (3) muestras de rocas graníticas recolectadas en el Cerro El Zamuro y fueron realizados en el Centro de Geociencias de la Escuela Ciencias de la Tierra. Las determinaciones químicas se hicieron para los elementos mayoritarios SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Na_2O y K_2O . También en la misma tabla se hace el recalcu para normalizar las concentraciones de los óxidos (Tabla 5.3 y Apéndices A1 y A2).

Tabla 5.3 Análisis químicos originales y normalizados del Cerro El Zamuro.

PARAMETRO	M - 1	Valores norm M-1	M - 4	Valores norm M-4	M - 5	Valores norm M-5	Unidades
SiO ₂	72.01	73.05	69.25	69.89	68.8	70.11	%
Al ₂ O ₃	12.87	13.06	17.61	17.77	16.39	16.70	%
TiO ₂	0.08	0.08	0.1	0.10	0.1	0.10	%
Fe ₂ O ₃	4.63	4.70	3.01	3.04	3.34	3.40	%
CaO	0.54	0.55	0.64	0.65	0.82	0.84	%
MgO	0.12	0.12	0.05	0.05	0.12	0.12	%
Na ₂ O	3.14	3.19	3.02	3.05	3.21	3.27	%
K ₂ O	4.89	4.96	5.17	5.22	5.02	5.12	%
MnO ₂	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	%
P.P.R +(H ₂ O)	0.22	0.22	0.18	0.18	0.27	0.28	%
Totales	98.57	100.00	99.09	100.00	98.13	100.00	%

De la Tabla 5.3 se observa que el porcentaje de SiO₂ varía entre 73.05 %, que corresponde al gneis granítico rosado y 70.11 %, que pertenece a la aplita. Las concentraciones para Al₂O₃ varían entre 17.77 % que pertenece al gneis granítico y 16.70 % que corresponde a la aplita. Los valores Na₂O oscilaron entre 3.19 % para el gneis potásico y 3.05 % para el gneis cálcico. Los valores de K₂O fluctuaron entre 4.96 % para el gneis rosado y 5.22 % para el gneis claro.

Al comparar estos valores con los reportados por Mendoza, V. (2005) en la Tabla 2.8, referentes a los análisis químico roca total (peso %) de rocas de la Provincia Geológica de Imataca, se observa que son análogos.

De igual manera, los puntos de muestreo fueron cartografiados sobre el mapa base a escala 1:5000 (Figura 5.2 y ANEXO 1).

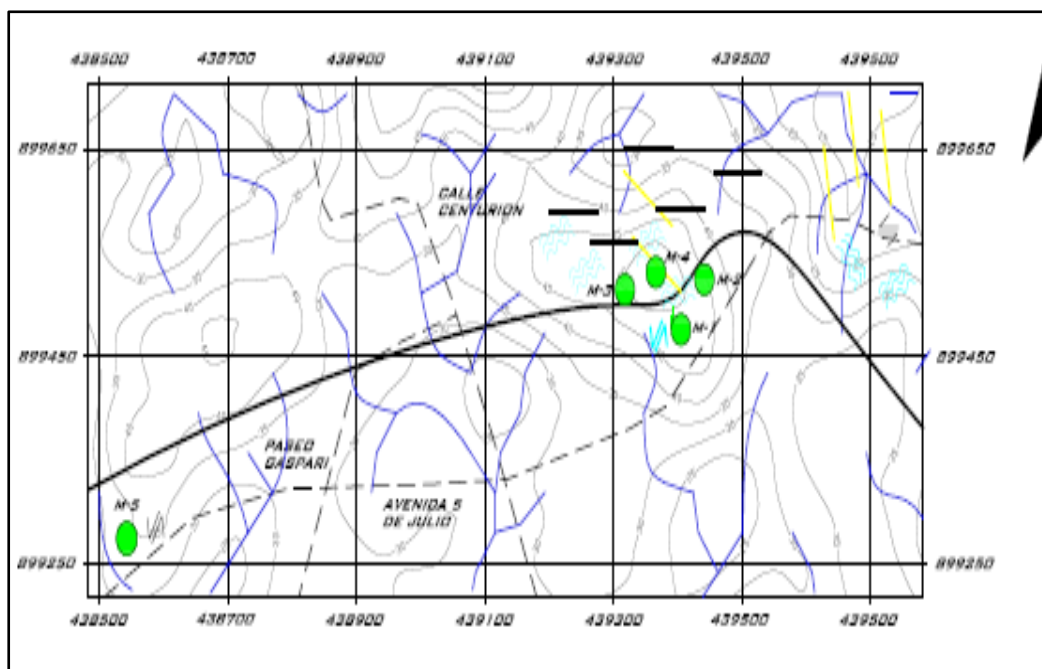


Figura 5.2 Mapa base Topográfico con la ubicación de muestras de rocas.

5.2.1 Interpretación geoquímica usando métodos gráficos

Los datos químicos obtenidos de las determinaciones analíticas de los elementos mayoritarios por si solos, no suministran información de los magmas generadores de rocas y el grado de fraccionamiento que han sufrido las rocas. Es por eso que para entender estos procesos, se realizó el gráfico de Wilson (1989).

Al graficar los valores de SiO_2 versus los valores de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), las tres (3) muestras se ubican en el campo que corresponde a la mayor concentración de SiO_2 , o sea el campo granítico.

Es de hacer notar que el gráfico de Wilson solo grafica la composición química del protolito de las rocas y no los procesos metamórficos, por lo tanto, las rocas son gneises graníticos (Figura 5.3).

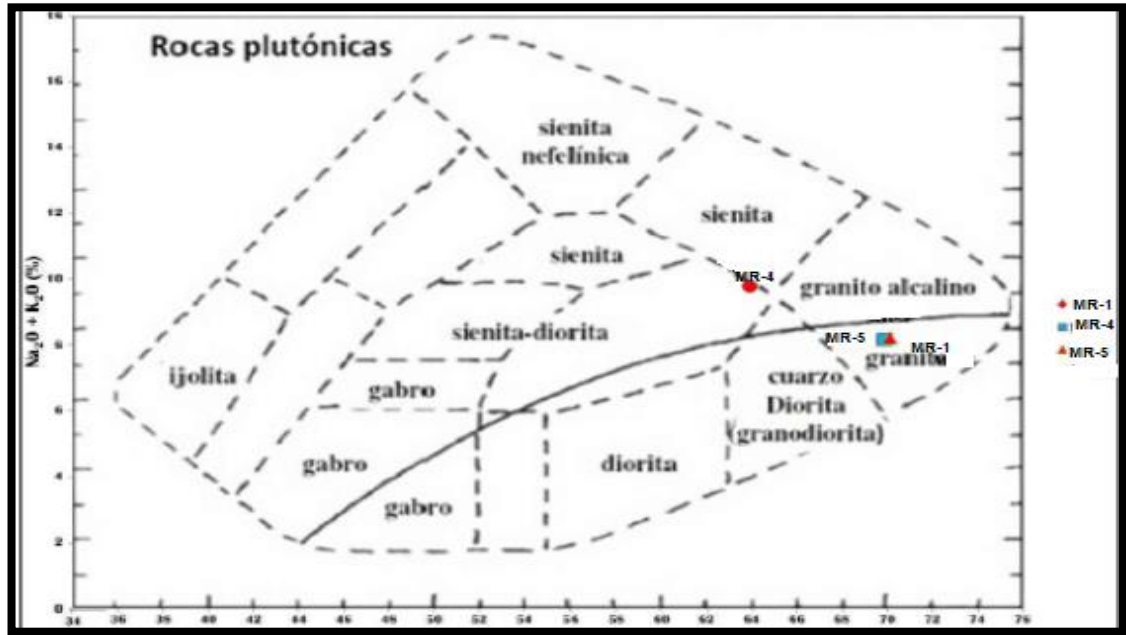


Figura 5.3 Ubicación de las tres (3) muestras del Cerro El Zamuro en gráfico de Wilson (1989). Las muestras M-1 y M-5 se ubica en el campo de los granitos, mientras que la muestra M-4 en el campo de los granitos alcalinos.

Igualmente se hicieron determinaciones para los elementos trazas Cr, Co, Zn, Pb, Ni y V. No se pudieron determinar elementos radioactivos por las limitaciones del equipo (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Elementos trazas determinados en las muestras del Cerro El Zamuro.

Muestras	Cromo	Cobre	cinc	Plomo	Níquel	Vanadio	Unidades
01	10	21	32	10	6	10	Ppm
04	15	17	41	14	9	9	Ppm
05	19	23	29	13	7	29	Ppm
Promedios	15	20	34	12	7	16	Ppm

Al comparar estos valores con los reportados en la Tabla 3.1 de la abundancia relativa de los elementos en la corteza terrestre, se observa que valores determinados para los elementos Cr, Co, Ni y V están por debajo de los valores de abundancia relativa, ya que son elementos característicos de rocas máficas o ultramáficas. El valor determinado del elemento Pb es normal.

El único elemento determinado que supera los valores promedios es el Zn, con 34 ppm.

5.3 Estimación de las pendientes del afloramiento, con el fin de conocer sus inclinaciones.

El Cerro El Zamuro presenta dos inclinaciones diferentes: la primera es hacia el sur, en la Avenida 5 de Julio y la otra hacia el norte, hacia la calle Centurión (Figura 5.4).



Figura 5.4 Pendiente sur del Cerro El Zamuro, frente al Liceo Peñalver.

Para la estimación de las pendientes se usó la imagen satelital GOOGLE EARTH, correspondiente al Cerro El Zamuro y la aplicación “pendientes” del mismo programa. En total se hicieron dos perfiles (Figura 5.5).

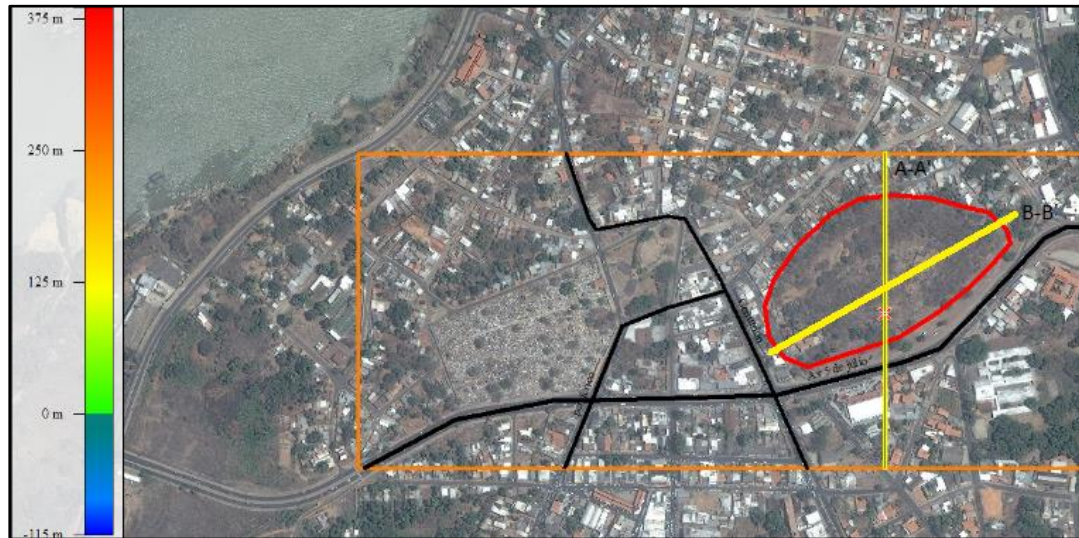


Figura 5.5 Perfiles usados para la determinación de las pendientes del Cerro El Zamuro.

5.3.1 Perfil A-A'

Se orientó en dirección N-S. Se inicia en la Avenida 5 de Julio y finaliza en el tope del Cerro El Zamuro. La distancia inclinada es de 213,93 m y la altura es de 53 m. La pendiente en este lado varía entre 14,27 % y 20 % (Figura 5.6).

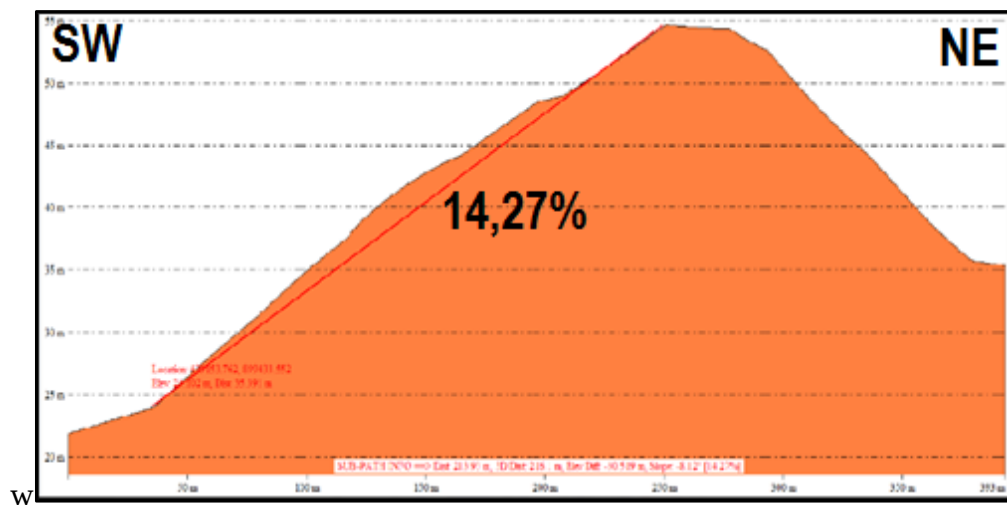


Figura 5.6 Pendiente Sur del Cerro El Zamuro, frente a la Avenida 5 de Julio.

5.3.1 Perfil B-B'

Está orientado en dirección NE-SW. La distancia inclinada es 114.06 m y una altura de 48 m. La pendiente medida fue de 18.22 %.(Figura 5.7).

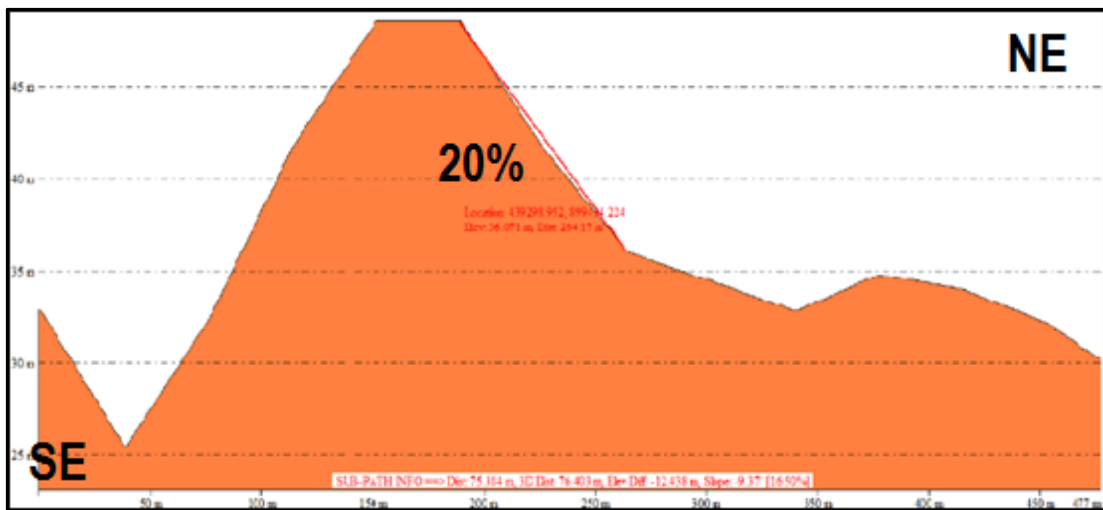


Figura 5.7 Perfil B-B', de dirección NE-SW.

5.4 Determinación de las características geomorfológicas presentes en el área de estudio

Para determinar las características geomorfológicas del Cerro El Zamuro, se analizó el mapa topográfico base (Figura 5.8).

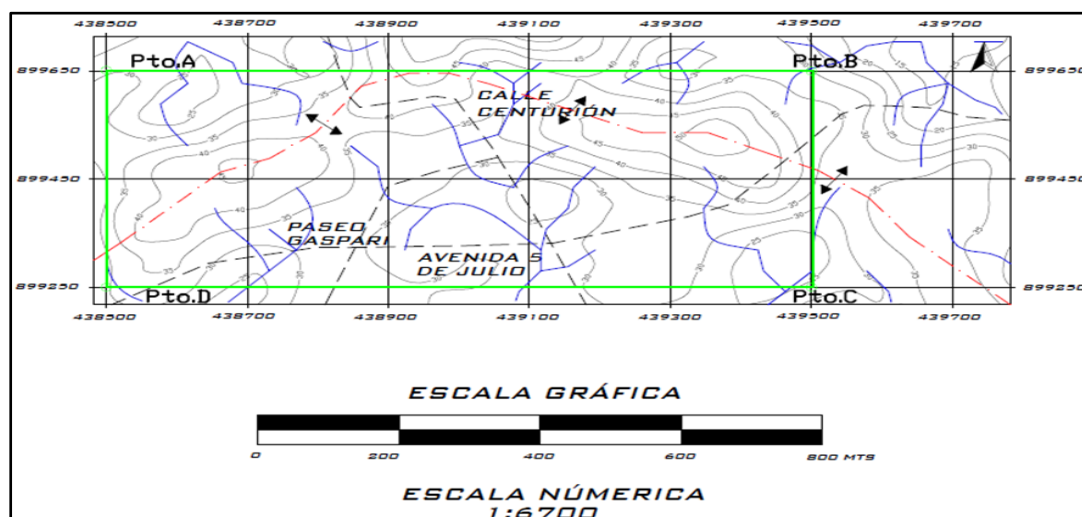


Figura 5.8 Mapa topográfico con la ubicación de las divisorias de agua, en color rojo, del afloramiento Cerro El Zamuro.

La revisión visual indica que el afloramiento tiene una dirección E-W y es de forma arqueada, con cotas oscilante entre 25 msnm y 50 msnm. Esta seccionado por un sistema de diaclasas de rumbo N45°E y N40°W. El drenaje es dendrítico, de forma intermitente.

Presenta forma cómica. Las pendientes oscilan entre 40°, frente al Liceo Peñalver, en dirección Sur y 20° en dirección Norte, hacia la calle Centurión. También, en la parte sur se observan abundantes bloques rodados, de color rosado, producto de la tectónica del área.

5.5 Elaboración de la cartografía geológica actualizada del Cerro El Zamuro

El Cerro El Zamuro y sus alrededores, conforman la parte más alta del centro o casco histórico de Ciudad Bolívar o lo que llamamos actualmente el Paseo del Orinoco. El afloramiento es una masa granítica donde se pueden diferenciar dos coloraciones. En la base es de color rosado y hacia el tope, a partir de la cota 35 msnm es de color marrón terroso.

Este contraste de coloración se puede explicar porque la masa granítica sufrió un proceso de cuarzo feldespatización que avanzó reemplazando las plagioclasas cálcicas por microclino (Ascanio, J. 1975), durante procesos de polimetamorfismo, donde se transformó la roca granítica en gneis granítico (Figura 5.9 y ANEXO 2).

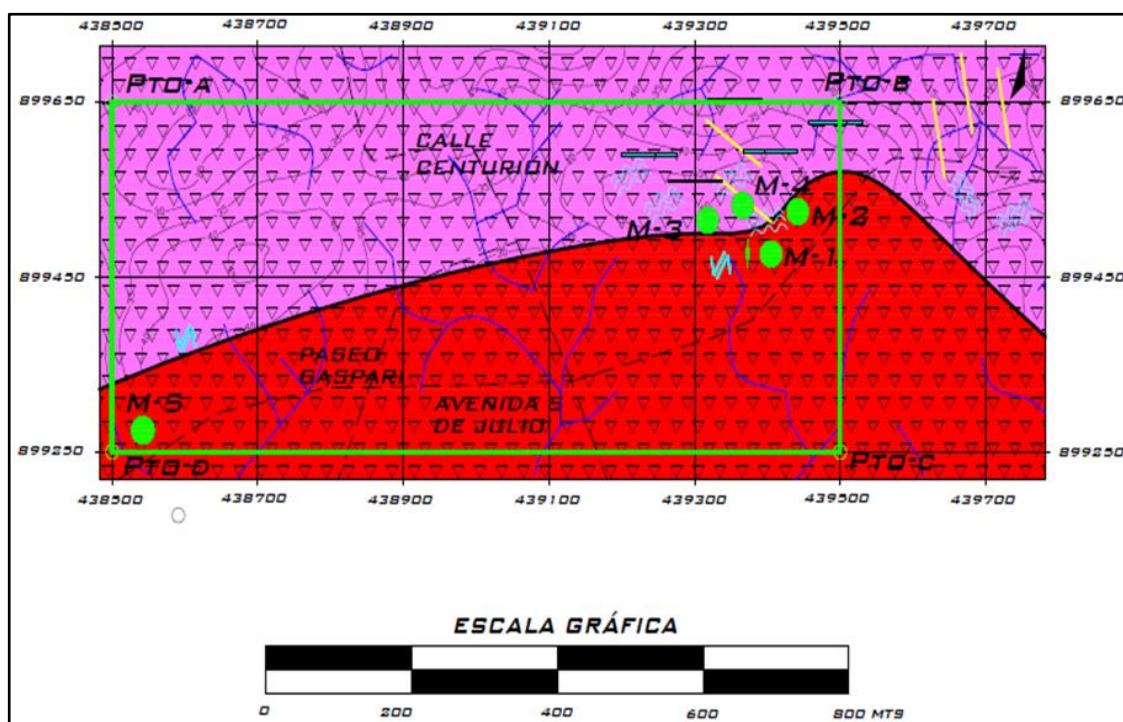


Figura 5.9 Mapa geológico general del Cerro El Zamuro y sus alrededores.

De igual forma en los recorridos de campo, se observó que el tope del cerro, se altera (erosiona) más rápidamente que la base, lo que corrobora las afirmaciones de Ascanio, con respecto a que la Faja de Ciudad Bolívar conservar estos de gneises anfibólicos, más fácilmente erosionables.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La exploración del afloramiento granítico Cerro El Zamuro, ubicado en el casco histórico de Ciudad Bolívar, demostró la existencia de tres (3) unidades litológicas, todas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca. Estas son la unidad de gneises granítico potásico color rosado, la unidad de gneises granítico anfibólico color moteado e intrusivos apliticos de poca extensión.

2. El Grafico de Wilson (1989), solo es aplicable a rocas plutónicas. Las determinaciones químicas realizadas a los tres (3) litotipos antes mencionados y su posterior cartografía en el gráfico, mostraron en los protolitos un alto fraccionamiento magmático hacia el campo de las rocas graníticas, clasificando a las muestras M-1 y M-5 como granitos y a M-4 como granito alcalino.

3. Los estudios de las pendientes del Cerro El Zamuro se realizaron mediante dos secciones transversales. La primera sección se proyectó en dirección N-S y los valores de las inclinaciones fluctuaron entre 14.27 % y 20 % hacia el N. La otra sección se trazó en dirección NE-SW y los valores de las pendientes oscilaron entre 18, 22 % y 20 % hacia el W.

4. Desde el punto de vista geomorfológico, el afloramiento conforma un relieve de lomeríos bajos, arqueado, con drenajes de régimen intermitente

5. La cartografía geológica actualizada del Cerro El Zamuro indica que toda la masa granítica inicialmente fue un granito anfibólico, que por efectos de polimetamórficos sufrió un proceso de cuarzo feldespatización

que avanzó reemplazando las plagioclasas cálcicas por microclino. Gracias a éste proceso podemos observar, en la base del afloramiento el color rosado y hacia el tope el color moteado.

6. Las características de las unidades litológicas aflorantes en la zona de estudio se observaron fracturas de dirección S10E. El flanco sur está limitado por una falla de rumbo N30°E y buzamiento vertical.

Recomendaciones

1. Proporcionar una copia de la presente investigación a la alcaldía del municipio Heres, para que los visitantes puedan leer y entender la génesis de este tipo de monumento natural.

2. Mejorar las instalaciones y brindar seguridad a los visitantes del monumento natural, sobre todo en horas nocturnas.

3. Realizar un estudio arquitectónico del área, con el fin de proyectar un mirador turístico, acompañado de sitios de esparcimiento familiar y caminerías.

4. Elaborar un levantamiento topográfico con estación total para tener datos exactos de las altitudes y coordenadas.

REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, 5ta. Edición, Editorial Episteme.

Ascanio, G. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DE CERRO BOLÍVAR**. Venezuela. Conferencia Geológica Inter-Guayanas X, Belem-Pará, Brasil, Noviembre, 1975, Memoria: pp 181 – 179.

C.V.G TECMIN C.A. (1991) **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA DE RADAR NC-20-14, TOMO I: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN**. Ciudad Bolívar – Venezuela. pp. 192-253, 415-420.

González de Juana, C., Iturralde J. y Picard X., Cadillat X. (1980) **GEOLOGIA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLIFERAS**. Caracas, Ediciones Foninves, Tomo I.Caracas.-Venezuela.

Google Earth, (2015) **SOFTWARE, APLICACION EN LINEA**. 20 de octubre 2015 Disponible en: [[http:// www.googleaerth.com](http://www.googleaerth.com)]

Iriondo, M. (1985) **INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA**. Brujas. 3era. Edición. Pp 9.

Lagrange, Anni y Rivero Carla. (2002) **CARACTERIZACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LA PROVINCIA GEOLÓGICA DE IMATACA EN EL MARCO DE LOS PROYECTOS INVENTARIOS Y PROSPECCIONES DESARROLLADOS POR C.V.G TECMIN C.A.** Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Venezuela, pp 104.

LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (**L.E.V 1969**) 3ra. Edición, Publicación Especial No. 12 Tomo I y II. pp 18-28, 318, 450. Caracas.

Méndez, J. (2006) **PETROLOGIA – AMBIENTES SEDIMENTARIOS**. PVSA INTEVED. Caracas Venezuela.

Mendoza, V. (2005) **EVALUACIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA**. Universidad de Oriente (UDO). Ciudad Bolívar - Venezuela.

Mendoza, V. (2012) **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA, RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA Y REVISIÓN DEL PRECÁMBRICO MUNDIAL**. Gran Colombia Gold Corp. Bogota. P.p 321-344.

Murillo, Niya. (2005) **ACTUALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS ROCAS DEL COMPLEJO DE IMATACA AFLORANTES EN LA ZONA, CUBIERTA POR LA HOJA MARHUANTA N° 7540 A ESCALA 1:100.000, ESTADOS BOLÍVAR Y ANZOÁTEGUI**. Trabajo de grado inédito. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Venezuela.

Rodríguez, J. Simón. (1997): **FAJAS COMERCIALES DE GRANITOS ORNAMENTALES EN BOLÍVAR NORCENTRAL, VENEZUELA**. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos. Tomo II, pp. 331-334. Porlamar, Venezuela.

Rose, T. (1979) **DICCIONARIO DE GEOLOGÍA**. Edit. Masson, S.A. P- 315.

Servicio de Meteorología Fuerza Aérea Venezolana (F.A.V. 2007) **DATOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA FAV EN EL AEROPUERTO DE CIUDAD BOLÍVAR.**

Tarbuck, E. y Lutgers, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA.** Editorial Pearson Educación S.A. Madrid, España. 8va Edición. pp 237-241.

Whitten, D. y Brooks, J. (1972) **DICCIONARIO GEOLÓGICO.** Middlesex – Inglaterra.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Análisis geoquímicos



1/2

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE BOLIVAR – ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: TIRSA CABRERA / ADRIANA LEDEZMA

Muestra: Rocas

Lugar: Sector cerro el Zamuro, Municipio Heres, Ciudad Bolívar

Fecha: 11 / Noviembre / 2016

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS

PARAMETRO	M - 1	M - 4	M - 5	Unidades
SiO_2	72.01	69.25	68.80	%
Al_2O_3	12.87	17.61	16.39	%
TiO_2	0.08	0.10	0.10	%
Fe_2O_3	4.63	3.01	3.34	%
CaO	0.54	0.64	0.82	%
MgO	0.12	0.05	0.12	%
Na_2O	3.14	3.02	3.21	%
K_2O	4.89	5.17	5.02	%
MnO_2	0.07	0.06	0.06	%
$\text{P.P.R} + (\text{H}_2\text{O})$	0.22	0.18	0.27	%

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS
 Calle san Simón, Campo Universitario J.N. Perfetti-la sabanita-Ciudad Bolívar

A.1 Análisis de óxidos mayoritarios.



2/2

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE BOLIVAR – ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: TIRSA CABRERA / ADRIANA LEDEZMA

Muestra: Rocas

Lugar: Sector cerro el Zamuro, Municipio Heres, Ciudad Bolívar

Fecha: 11 / Noviembre / 2016

ANALISIS QUIMICO DE ROCAS

Estación	Cromo	Cobre	cinc	Plomo	Níquel	Vanadio	Unidades
01	10	21	32	10	6	10	Ppm
04	15	17	41	14	9	9	Ppm
05	19	23	29	13	7	29	Ppm

Técnico Isidro Farias

Analista



Prof. Mabel Moya

Coordinadora Centro de Geociencias

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS
 Calle san Simón, Campo Universitario J.N.Perfetti-la sabanita-Ciudad Bolívar

A.2 Análisis de elementos metálicos.

ANEXOS

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

Título	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL AFLORAMIENTO CERRO EL ZAMURO, UBICADO EN EL SECTOR EL FORTÍN, CASCO HISTORICO DE CIUDAD BOÍVAR. MUNICIPIO HERES. ESTADO BOLIVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Cabrera G, Tirsia.	CVLAC	19.871.555
	e-mail	Yordana_tita@hotmail.com
	e-mail	
Ledezma R, Adriana.	CVLAC	20.079.924
	e-mail	Adrianaledezma89@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Geológica
Química
Caracterización
Cerro El Zamuro

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología	Geología

Resumen (abstract):

Sobre un afloramiento rocoso, denominado Cerro El Zamuro, ubicado en el Casco histórico de Ciudad Bolívar, en el estado Bolívar, municipio Heres, se realizó una caracterización geológica y química, con el propósito de enriquecer cualquier estudio previo, efectuado en las áreas de interés con fines científicos y geológicos. También resaltar los sitios históricos y las bellezas naturales del casco histórico de Ciudad Bolívar, donde afloran rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca, del Precámbrico, tan antiguas como 3.600 millones de años. La metodología utilizada para la elaboración de este estudio consta básicamente de cuatro (4) etapas. La primera fue la etapa de oficina, la cual consistió en la recopilación de información cartográfica y bibliográfica del área de estudio. La segunda etapa fue de trabajo de campo en el cual se delimitó el afloramiento, se realizó el levantamiento geológico respectivo midiendo y anotando las estructuras presentes en el afloramiento tales como foliaciones y diaclasas, también se registraron las características físico-naturales, tales como suelo, geomorfología y vegetación. Durante esta etapa también se hizo la recolección y marcando de muestras y su ubicación con GPS. La cuarta etapa fue la discusión de los resultados. Durante los recorridos de campo, se observó un cambio en la coloración de la masa rocosa. La base es de color rosado y hacia el tope, a partir de la cota 35 msnm es de color marrón terroso. Este contraste de coloración se puede explicar porque la masa granítica sufrió un proceso de cuarzo feldespatización que avanzó reemplazando las plagioclasas cálcicas por microclino (Ascanio, J. 1975), durante procesos de polimetamorfismo, donde se transformó la roca granítica en gneis granítico. Las determinaciones químicas realizadas a los tres (3) litotipos y graficado con el diagrama de Wilson (1989), mostraron en los protolitos un alto fraccionamiento magmático hacia el campo de las rocas graníticas, clasificando a estos protolitos como granito alcalino y granitos. Los monumentos de origen natural, constituyen patrimonios culturales de la humanidad, los cuales deben ser aprovechados para fines turísticos, recreacionales y hasta deportivos. El afloramiento Cerro El Zamuro, tiene una vista panorámica hacia el Norte, donde se visualiza al majestuoso Río Orinoco, hacia los otros puntos cardinales, se observa el casco histórico de Ciudad Bolívar.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL	Código CVLAC	e-mail
Acosta, Enrique	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☒ JU ☐	
	CVLAC	5.082.874	
	e-mail		
	e-mail	Acosta.enrique176@gmail.com	
Monteverde, Francisco	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒	
	CVLAC	12.192.676	
	e-mail	monteverdefr@gmail.com	
	e-mail		
Estaba, Angelica	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒	
	CVLAC	20.904.764	
	e-mail	Angelica94estaba24@hotmail.com	
	e-mail		
	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐	
	CVLAC		
	e-mail		
	e-mail		

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	07	26

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-Characterización Geología y Química del Cerro el Zamuro.Doc

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: geología

Otra(s) 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

CU N° 0975

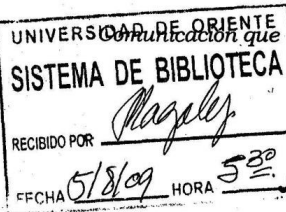
Cumaná, 04 AGO 2009

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.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

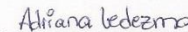


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación 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 del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

Autor 1 	Autor 2 
Tutor 