

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



**CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS  
ROCOSOS UBICADOS EN LAS ADYACENCIAS AL ESTE DEL  
PEAJE NORTE, DEL PUENTE ANGOSTURA, SOLEDAD,  
ESTADO ANZOÁTEGUI.**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR EL BACHILLER  
ENRIQUE FARRERAS  
PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, SEPTIEMBRE 2019**



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

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN LAS ADYACENCIAS AL ESTE DEL PEAJE NORTE, DEL PUENTE ANGOSTURA, SOLEDAD”** presentado por el bachiller **ENRIQUE FARRERAS**, cédula de identidad N° **V-19.474.554**, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Prof. Henry Ramírez	
_____ (Asesor)	_____
José Simón González	
_____ (Jurado)	_____
Wilmer Zerpa	
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Javier Ramos Madrid Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los \_\_\_ días del mes de Noviembre de 2018

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a mi familia primeramente, a mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de esta etapa y a mis hermanos por siempre estar allí cuando lo necesito.

A mis compañeros, amigos, futuros colegas con los que he compartido en todo este tiempo, y que permanecieron allí para apoyarnos entre todos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por el apoyo y paciencia que me han otorgado en todo este tiempo, y a mis hermanos por servirme de motivación. Mis amigos y compañeros que conocí a lo largo de este viaje. A todos mis profesores de esta casa de estudios, luchadores incansables, dedicados a educar y formar a los nuevos profesionales del futuro. Gracias por su apoyo.

## RESUMEN

En el Municipio Independencia del estado Anzoátegui, específicamente en las adyacencias del peaje norte del Puente Angostura, se encuentran unos afloramientos rocosos perteneciente a la Provincia Geológica de Imataca, que desde el punto de vista geológico revisten de gran importancia, debido a que no existen estudios previos sobre esta área. Por tal motivo, surge la necesidad de efectuar una caracterización geológica con el objeto de determinar los diferentes tipos litológicos que allí se reportan, caracterizar las estructuras aflorantes en la zona objeto de estudio, describir la geomorfología presente en la zona y efectuar un análisis químicos de los afloramientos rocosos, con la finalidad de tener un conocimiento del potencial existente en cuanto a los materiales metálicos y no metálicos y a su vez establecer los parámetros que permitan determinar tanto el origen como las características físicas, químicas y mineralógicas de las diferentes unidades litológicas que afloran en las zonas objeto de estudio. Mediante observación de campo, toma de muestras, levantamiento geológico de superficie, para ello realizó un mapa geológico de la zona, posteriormente se efectuó un análisis macroscópicos de las muestras y un análisis químicos de las mismas. Con base a los resultados obtenidos de las ocho (08) muestras seleccionadas, los afloramientos litológicamente pertenecen a rocas metamórficas, cuya descripción macroscópica de las muestras determinó que son de origen gnies cuarzo feldespático, granulita félsica, granulitas máficas y Charnoquita. Con los resultados de los diagramas de Wilson y criterios de clasificación por saturación en alúmina, se determinaron las rocas protolito de todas muestras, en las cuales las rocas protolito de las M7 y M8 mostraron una tendencia subalcalina con un protolito identificado como granodiorita, para el resto fueron identificadas como granítica. Por criterios de clasificación por saturación en alúmina las muestras M1, M2 y M3 cumplen con el 2do criterio clasificando la formación como peraluminosa. El área objeto de estudio presenta una geomorfología con paisajes de pleniplanicie y se encontraron estructuras geológicas como fallas y diaclasas entre otras.

## CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación .....	6
1.4 Alcance de la investigación .....	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>8</b>
<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>8</b>
2.1 Ubicación del área de estudio .....	8
2.2 Acceso al área .....	9
2.3 Características físicas y naturales del área de estudio.....	10
2.3.1 Clima .....	10
2.3.2 Geología regional y local de la zona de estudio.....	12
2.3.3 Geomorfología .....	19
2.3.4 Suelos .....	20
2.3.5 Hidrografía.....	21
2.3.6 Vegetación .....	21
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
3.1 Antecedentes.....	23
3.2 Fundamentos teóricos.....	25
3.2.1 Rocas metamórficas .....	25

3.2.2 Metamorfismo .....	26
3.3 Tipos de metamorfismo .....	26
3.3.1 Metamorfismo regional .....	26
3.3.2 Metamorfismo de contacto .....	27
3.3.3 Metamorfismo dinámico o cataclástico .....	27
3.4 Discordancias .....	28
3.4.1. Discordancia angular .....	28
3.4.2 Disconformidad .....	28
3.4.3 Inconformidad .....	29
3.4.4 Paraconformidad .....	29
3.5 Protolito .....	30
3.6 Textura .....	30
3.7 Términos texturales de las rocas metamórficas .....	30
3.7.1 Blasto .....	30
3.7.2 Porfidoblasto .....	30
3.7.3 Matriz .....	30
3.7.4 Porfidoclasto .....	31
3.7.5 Poiquiloblasto .....	31
3.7.6 Megacristal .....	31
3.7.7 Textura Granoblástica .....	31
3.7.8 Textura Lepidoblástica .....	31
3.7.9 Textura Nematoblástica .....	32
3.7.10 Textura Fibroblástica .....	32
3.7.11 Textura Poiquiloblástica .....	32
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>33</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>33</b>
4.1 Tipo de investigación .....	33
4.2 Diseño de la investigación .....	34
4.3 Población de la investigación .....	35
4.4 Muestra de la investigación .....	35
4.5 Procedimiento de la investigación .....	35
4.5.1 Etapa I: Fase de oficina .....	37
4.5.2 Etapa II. Trabajo de campo .....	37
4.5.3 Etapa III. Fase de análisis de laboratorio .....	41
4.5.4 Etapa IV. Fase de procesamiento de la información .....	42
4.5.5 Conclusiones y recomendaciones .....	45
4.5.6 Elaboración del informe final .....	45
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
4.6.1 Técnicas .....	45
4.6.2 Instrumentos .....	46

<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>48</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
5.1 Tipos de litologías presentes en el área de estudio .....	48
5.1.2 Muestra M-2 (Granulitas félsicas).....	55
5.1.3 Granulitas máficas.....	56
5.1.4 Unidad geológica Formación Mesa.....	58
5.2 Estructuras aflorantes en las zonas estudiadas.....	58
5.2.1 Descripción de las diaclasas .....	59
5.2.2 Análisis de la foliación .....	60
5.2.3 Análisis de las fallas de rumbo .....	61
5.3 Geomorfología de la zona de estudio.....	62
5.4 Análisis químico de las rocas aflorantes en la zona objeto de estudio.....	62
5.4.1 Diagrama de Wilson.....	64
<b>CONCLUSIONES Y RECONMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
Conclusiones.....	65
Recomendaciones.....	66
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica de los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias al Este del peaje Norte, del puente Angostura, Soledad estado Anzoátegui. ....	8
2.2. Vialidad terrestre hacia la zona de estudio (Google Maps, 2017) .....	9
2.3. Vialidad fluvial hacia la zona de estudio (Google Maps, 2017).....	10
2.4 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela (Schlumberger, 1997).....	14
2.5. Tabla de Correlación estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela .....	14
2.6 Mapa de la Formación Mesa. PDVSA-Intevep (1999-2001).....	17
2.7 Provincias Geológicas del estado Bolívar .....	18
2.8. Geomorfología predominante en el área objeto de estudio.....	20
2.9. Suelo predominante en el área de estudio. ....	21
2.10 Vegetación presente en el área objeto de estudio. ....	22
3.1 Tipos de discordancias (Dunbar y Rodgers, 1957).....	29
4.1 Flujograma de actividades .....	36
4.2 Levantamiento geológico del área objeto de estudio .....	38
4.3 Proceso de la toma de muestras por el método de percusión con mandarina .....	40
4.4 Espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elemer .....	41
4.5 Medición de las diaclasas encontradas en el afloramiento.....	44
5.1 Afloramiento de Gneis Cuarzo Feldespático presente en el área de estudio.....	49
5.2 Muestra M-1 Gneis Cuarzo Feldespático .....	50
5.3 Muestra M-4 .....	51
5.4 Muestra M-5 .....	52
5.5 Muestra M- 6 .....	53
5.6 Muestra M- 7 .....	54
5.7 Muestra M- 8 .....	55
5.8 Muestra M-2 .....	56
5.9 Muestra M-3 Charnoquita .....	57
5.10 Sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa al Norte del área de estudio .....	58
5.11 Diaclasas ortogonal con separación de 40 a 60 cm.....	60
5.12 Falla de rumbo encontrada en la zona de estudio .....	61
5.13 Ubicación de las muestras en el Diagrama (Total de alcalinos Vs. Sílice) de Cox, <i>et al.</i> (1979) adaptado por Wilson (1989) para rocas plutónicas. ....	64

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas de la zona de estudio .....	9
2.2 Parámetros mensuales de las condiciones climáticas del área de estudio durante el año 2017. Aviación Militar Bolivariana. Servicio de Meteorología. ....	11
4.1 Coordenadas UTM del área .....	39
4.2 Coordenadas UTM (Regven) de las muestras de roca .....	40
5.1 Estructuras aflorantes de zona estudio .....	59
5.2 Resultados de los análisis químicos con los valores normalizados .....	63
5.3 Criterios de clasificación por saturación de alúmina .....	63

## **LISTA DE ANEXOS**

1. MAPA GEOLÓGICO Y COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS PERTENECIENTES A LA ZONA DE ESTUDIO.

## INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país con una inmensa variedad de riquezas naturales y minerales, sin embargo, hoy en día existen grandes cantidades de afloramientos de los cuales todavía se desconocen su origen y el proceso geológico que la formó. La diversidad del medio geológico y la complejidad de sus procesos hacen que los afloramientos rocosos existentes en un área, presenten diferentes estructuras geológicas, tales como su origen, historia y procesos de alteración y meteorización, siendo el punto de partida de todo estudio las propiedades físicas y mineralógicas de las rocas. De allí la importancia del presente estudio, con fines científicos, en la rama de la Geología al país.

El objetivo principal de este estudio es caracterizar geológicamente los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias al este del peaje norte, del puente Angostura, Soledad, estado Anzoátegui. Los objetivos específicos están orientados a: determinar los tipos de litología presentes en el área de estudio, caracterizar las estructuras aflorantes en las zonas estudiadas, describir la geomorfología y analizar químicamente las rocas aflorantes allí presentes.

El alcance primordial de esta investigación está enfocado en, determinar las características geológicas, geomorfológicas, estructurales y químicas de las unidades litológicas de los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias del peaje norte del puente Angostura, Soledad, estado Anzoátegui, perteneciente al Complejo de Imataca y Formación Mesa, para detallar la potencialidad y calidad de los minerales presentes en la zonas, con fines científicos, geológicos y económicos a corto, mediano y largo plazo, siendo este mismo el objetivo fundamental de la investigación y la elaboración del trabajo de grado para cumplir con el último requisito exigido por la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar con la finalidad de optar al título de Ingeniero Geólogo.

El presente trabajo de grado se encuentra estructurado en seis capítulos desglosados de la siguiente manera:

En el capítulo I, se plantea la situación sujeta a estudio, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación, el alcance y las limitaciones de la investigación

El capítulo II, contiene información referente a las generalidades del área de estudio, tales como, ubicación, acceso y sus características físico-naturales.

El capítulo III, versa de manera resumida los antecedentes que sustentan esta investigación, las bases teóricas y definición de términos básicos para el desarrollo de los mismos relacionados con el tema.

En el capítulo IV, se describe la metodología de trabajo desarrollada a lo largo del estudio, empleada para la realización de la investigación, incluyendo: el tipo y diseño de la investigación, la población y la muestra utilizada, las técnicas, análisis e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo V, contiene la presentación y análisis de los resultados obtenidos, es decir, la interpretación geológica, litológica y estructural de los afloramientos estudiados.

Para concluir en el capítulo VI se esbozan las conclusiones, luego de haber cumplido los objetivos propuestos, de igual manera se exponen una serie de recomendaciones que se derivan del mismo.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

La caracterización geológica de afloramientos rocosos es una labor necesaria en todos los estudios de ingeniería geológica cuyo objeto, es el conocimiento de las propiedades y características geotécnicas de los materiales y minerales que la componen. Este proceso es de gran importancia a nivel mundial, tanto para la ingeniería geológica como civil, sobre todo para el desarrollo de proyectos de obras de infraestructura, edificación y explotaciones mineras, y para la ordenación territorial.

Ahora bien, como la aplicación de la geología son infinitas su estudio es muy importante, por ello, los geólogos se encargan del aprovechamiento de todo el potencial de los materiales rocosos. En este contexto, la interpretación de las condiciones geológicas, y su integración en el diseño y construcción, mediante soluciones acordes a la naturaleza del terreno y al medio ambiente, es el principal objetivo de la ingeniería geológica, junto a la prevención y mitigación de los daños causados por los desastres naturales de origen geológico.

La diversidad del medio geológico y la complejidad de sus procesos hacen que los afloramientos rocosos existentes en un área, presenten diferentes estructuras geológicas, tales como su origen, historia y procesos de alteración y meteorización, siendo el punto de partida de todo estudio las propiedades físicas y mineralógicas de las rocas, sobre lo cual González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Otero (2004) señalan que estas “propiedades físicas de las rocas son el resultado de su composición mineralógica, fábrica e historia geológica, deformacional y ambiental, incluyendo los procesos de alteración y meteorización” (p. 126).

En otras palabras, la gran variabilidad de estas propiedades se refleja en comportamientos mecánicos diferentes frente a las fuerzas que se aplican sobre las rocas, comportamientos que quedan definidos por la resistencia del material y por su modelo de deformación. Por ende, la caracterización y estudio de los afloramientos rocosos, son la base para estudiar los minerales que forman la corteza de la tierra y constituye parte del trabajo de campo del ingeniero geólogo.

Algunos países de Latinoamérica tales como Colombia, Ecuador y Perú, han efectuado estudios centrados en la caracterización geológica de afloramientos rocosos con el objeto de conocer las propiedades físico química de las rocas, el tipo de mineral que la compone, ya sea con fines ornamentales, minero, y/o de construcción de vías o viviendas, por medio del cual se obtiene la información necesaria para evaluar el comportamiento geotécnico de los macizos rocosos (Espinoza, 2017).

En Venezuela existen grandes cantidades de afloramientos que aún no han sido estudiados geológicamente, ya sea para fines ornamentales, data histórica, de construcción y/o aprovechamiento de sus recursos minerales. La extensa y variada riqueza natural y mineral de este hermoso país se localiza en la región de Guayana, debido a su origen y al proceso geológico que la formó. Dada la complejidad de su formación geológica aún existen muchísimos afloramientos y/o formaciones geológicas por estudiar.

De esta situación no escapa el estado Anzoátegui específicamente en el Municipio Independencia donde se encuentran una gran variedad de afloramientos rocosos que aún no han sido estudiados. Por tal razón, surge la necesidad de realizar la caracterización los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias al Este del peaje Norte del puente Angostura que delimita los estados Bolívar y Anzoátegui, que presentan unidades litológicas compuestas por rocas metamórficas pertenecientes al Complejo de Imataca y Formación Mesa.

La presente investigación tiene por objeto, caracterizar geológicamente los afloramientos rocosos ubicados en la zona antes mencionada, determinando las diferentes unidades litológicas así como, las estructuras presentes en las zonas estudiadas, describir su geomorfología y posteriormente hacer un análisis químico de las rocas aflorantes en el área de estudio, con el propósito de difundir los resultados e información geológica obtenida acerca del potencial existente, en cuanto a los minerales metálicos y no metálicos, y de esta manera establecer los parámetros que permitan determinar, su origen, características físicas, químicas y mineralógicas de las diferentes unidades litológicas que afloran.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar geológicamente los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias al este del peaje norte, del puente angostura, Soledad, estado Anzoátegui.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar los tipos de litología presentes en el área de estudio.
2. Caracterizar las estructuras aflorantes en las zonas estudiadas.
3. Describir la geomorfología de la zona de estudio.
4. Analizar químicamente las rocas aflorantes del área de estudio.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Tomando en consideración el desconocimiento geológico existente en relación a los afloramientos rocosos que se encuentran en las adyacencias al Este del peaje Norte del Puente Angostura, en Soledad estado Anzoátegui, surge la necesidad de desarrollar la presente investigación con el propósito de obtener la información geológica de estos afloramientos, con el fin de obtener el conocimiento del potencial existente, en cuanto a los minerales metálicos y no metálicos, y de esta manera, establecer los parámetros, que permitan determinar, el origen y las características, físicas, químicas, mineralógicas, de las diferentes unidades litológicas que afloran en las zonas de estudio, pertenecientes a la Provincia Geológica de Imataca y la Formación Mesa, que pudieran ser aprovechados con fines científicos geológicos.

Desde el punto de vista teórico – metodológico, esta investigación servirá como instrumento para afianzar diversos estudios e investigaciones permitiendo un importante punto de partida con el propósito de enriquecer cualquier estudio posterior, efectuado en el área de interés y aportar información a investigaciones posteriores que puedan realizarse en el área con fines geológicos.

### **1.4 Alcance de la investigación**

El alcance primordial de esta investigación está enfocado en, determinar las características geológicas, geomorfológicas, estructurales y químicas de las unidades litológicas del área de estudio, perteneciente al Complejo de Imataca y Formación Mesa, para detallar la potencialidad y calidad de los minerales presentes en la zonas, con fines científicos, geológicos y económicos a corto, mediano y largo plazo, siendo este mismo el objetivo fundamental de la investigación y la elaboración del trabajo de grado para cumplir con el último requisito exigido por la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar con la finalidad de optar al título de Ingeniero Geólogo.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron los siguientes obstáculos:

1. La escasez de información cartográfica, bibliográfica y satelital de la zona en estudio.
2. El tiempo empleado en la preparación y elaboración del análisis de las muestras seleccionadas en campo.
3. Poca disponibilidad por parte del tutor, para realizar visitas al área de estudio.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación del área de estudio

La ubicación del área de estudio está demarcada a unos 2 Km aproximadamente del peaje del puente Angostura que delimita los estados Bolívar y Anzoátegui, específicamente los afloramientos están ubicados en las adyacencias al este del peaje norte, en el municipio Independencia, Soledad, estado Anzoátegui, hacia la parte Norte del Escudo de Guayana, dentro de la Provincia de Imataca, entre las coordenadas geográficas de latitud Norte  $8^{\circ} 10' 46''$  y longitud Oeste  $63^{\circ} 34' 57''$  O / con una altitud de 34 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) (Figura 2.1 y Tabla 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica de los afloramientos rocosos ubicados en las adyacencias al Este del peaje Norte, del puente Angostura, Soledad estado Anzoátegui. (2017). Fuente: García, A. (2016)

Tabla 2.1 Coordenadas de la zona de estudio

PUNTOS	COORDENADAS U.T.M.	
	NORTE m	ESTE m
P1	901469	434858
P2	902053	435338
P3	901563	435934
P4	900979	435454

## 2.2 Acceso al área

El acceso al área objeto de estudio se realizó por vía terrestre y fluvial; De forma terrestre, partiendo del puerto de las “lanchitas” desde el paseo Orinoco EN Ciudad Bolívar pasando por el elevado de las Banderas en dirección al puente Angostura y luego al oeste hacia la Troncal 19, posteriormente hacia el norte en la intersección hacia la Troncal 16 pasando el peaje norte del puente Angostura, una vez cruzado el puente al llegar al peaje norte en dirección este se encuentra el área de estudio (Figura 2.2).

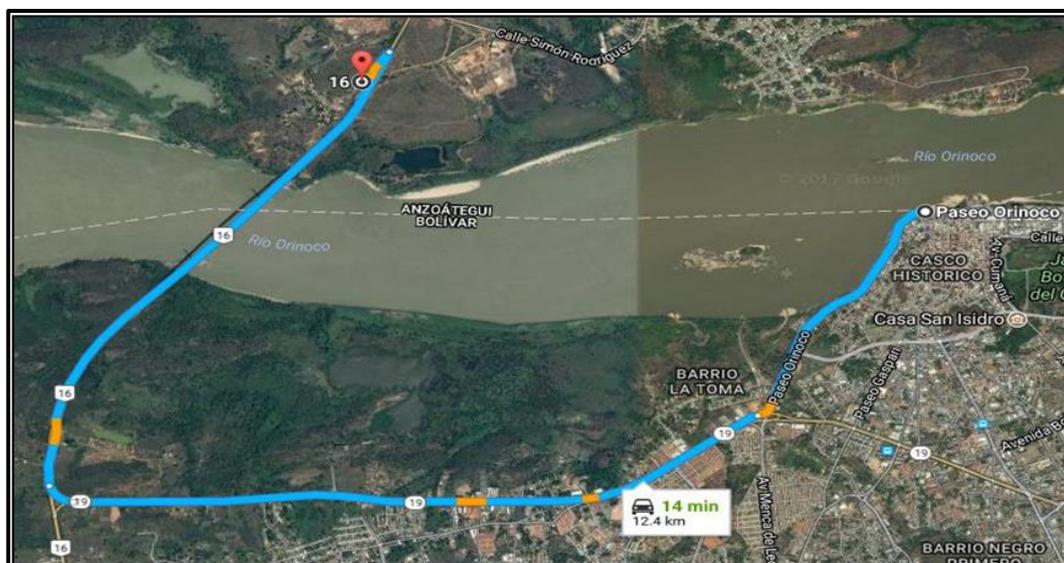


Figura 2.2. Vialidad terrestre hacia la zona de estudio (Google Maps, 2017)

Por vía fluvial el acceso al área se puede efectuar partiendo de igual manera del puerto de las lanchitas, se toma el medio de transporte disponible para cruzar el río, una vez cruzado estando en el puerto de las lanchitas de Soledad, se toma la Avenida Guzmán Blanco en dirección a la calle Páez hasta su intersección con la calle Simón Rodríguez hasta llegar a la Troncal 16 en dirección sur hacia el peaje Norte del puente Angostura a 250 metros una vez cruzado el peaje se encuentra ubicado el sitio de estudio (Figura 2.3).

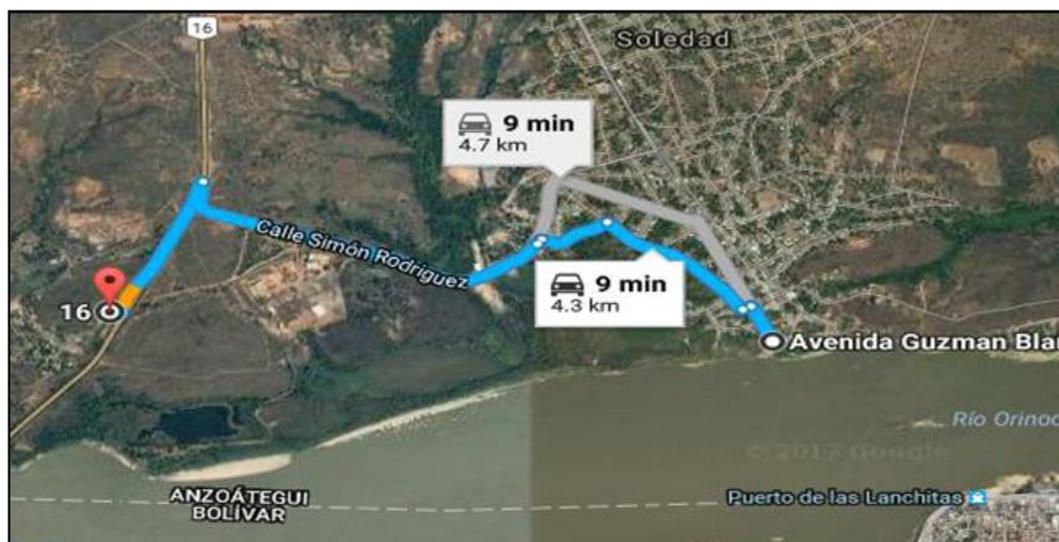


Figura 2.3. Vialidad fluvial hacia la zona de estudio (Google Maps, 2017)

## 2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

### 2.3.1 Clima

Para la clasificación climática de la zona de estudio, se utilizaron los datos de las variables climatológicas registradas en la estación meteorológica de Ciudad Bolívar, ubicada en el aeropuerto de esa ciudad, por ser esta la estación más cercana a la zona en estudio, aunque no pertenezca al estado Anzoátegui. Esta estación es de tipo C1

(registra precipitación, evaporación, temperatura, radiación, insolación, humedad relativa y velocidad media del viento), la cual es manejada por la Aviación Militar Bolivariana.

El clima predominante es de sabana tropical húmedo, con una temperatura media anual que puede variar entre los 26°C y 29°C aproximadamente, la humedad relativa anual en la región es de 3%. El régimen pluviométrico está caracterizado por dos temporadas claramente definidas: un período de lluvia, comprendido entre los meses de mayo a octubre, con una precipitación media anual de 930mm y un período de sequía y verano entre los meses de diciembre hasta abril. La menor cantidad de lluvia ocurrió en marzo, con un promedio de 10 mm., siendo la mayor en julio con 160 mm. Los registros de la temperatura para el año 2017, muestran un promedio anual de 28,0 °C, siendo la temperatura máxima de 32,88 °C y una mínima de 23,10 °C. (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Parámetros mensuales de las condiciones climáticas del área de estudio durante el año 2017. Aviación Militar Bolivariana. Servicio de Meteorología. Estación Ciudad Bolívar

<b>Parámetros</b> <b>Meses</b>	<b>Temperatura</b> <b>Media</b> <b>(°C)</b>	<b>Temperatura</b> <b>Mínima</b> <b>(°C)</b>	<b>Temperatura</b> <b>Máxima</b> <b>(°C)</b>	<b>Precipitación</b> <b>(mm)</b>
<b>Enero</b>	26,9	22,2	31,7	21
<b>Febrero</b>	27,5	22,3	32,8	13
<b>Marzo</b>	28,4	22,9	34	10
<b>Abril</b>	28,9	23,5	34,4	37
<b>Mayo</b>	28,7	23,7	33,7	103
<b>Junio</b>	27,5	23,1	31,9	159
<b>Julio</b>	27,3	22,9	31,8	160
<b>Agosto</b>	27,9	23,3	32,5	154
<b>Septiembre</b>	28,5	23,6	33,4	96
<b>Octubre</b>	28,6	23,6	33,6	85
<b>Noviembre</b>	28,2	23,5	32,9	55
<b>Diciembre</b>	27,3	22,7	31,9	37
<b>Prom. Anual</b>	28,0	23,10	32,88	930

## **2.3.2 Geología regional y local de la zona de estudio**

### **2.3.2.1 Geología regional**

La geología regional presente en el área objeto de estudio es la predominante en el Municipio Independencia, Parroquia Soledad, constituida principalmente por dos unidades geológicas bien definidas (Formación Mesa y la Provincia Geológica de Imataca). La ubicación parcial de la Provincia Geológica de Imataca ejerce gran influencia en su geología regional, en cuanto a la existencia de pequeños afloramientos rocosos ubicados hacia el extremo sur de este municipio (Cabrera y Cabrera, 2010). Estas masas rocosas son de origen metamórfico, similares a otros cuerpos aflorantes en el río Orinoco tales como, La Piedra del Medio, Isla El Degredo, Orocopiche y algunas islas ubicadas al este de Ciudad Bolívar. Según Kalliokoski, J., (1965) citado por González de Juana (1980), expresan que:

“Las rocas del Complejo Imataca se hallan intensamente plegadas, metamorfizadas regionalmente a facies de la anfibolita y granulita, contiene abundante gneis granítico, y se destacan especialmente por su contenido de miembro de cuarcitas ferruginosa, algunos enriquecidos al punto de construir menas de hierro de alto tenor” (p. 38).

En líneas generales, las rocas presentes en el área objeto de estudio son de origen metamórfico producto de las transformaciones geológicas sufridas en dicha zona, así como de los depósitos discordantes provenientes de la Formación Mesa sobre rocas Precámbricas del Complejo de Imataca.

### **2.3.2.2 Cuenca Oriental de Venezuela**

El área objeto de estudio se encuentra ubicado al Noreste de la Cuenca Oriental de Venezuela específicamente en el borde de la faja del Orinoco. El

conjunto de los basamentos de Anzoátegui es de origen reciente proveniente de las eras terciaria y cuaternaria en montañas y colinas se observan areniscas, arcillas, margas, lutitas, calizas y limolitas, además de concreciones de hierro, grava y cuarcita. En la formación mesa, la conformación es mayoritariamente de arenas no consolidadas, provenientes del cuaternario, y aún más jóvenes son los depósitos sedimentarios originados por las inundaciones periódicas generadas por las crecientes de los ríos (Instituto Nacional de Estadísticas, 2007).

La Cuenca Oriental de Venezuela está localizada en la zona Centro-Este de Venezuela, formando una depresión topográfica y estructural. Tiene una longitud aproximada de 800 Km. En sentido Oeste-Este, una anchura promedio de 200 Km de Norte a Sur y un área total aproximada de 160.000 Km<sup>2</sup>, entre los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro.

Esta cuenca es la segunda en magnitud de América del Sur, sólo sobrepasada por la Cuenca del Lago de Maracaibo. Puede definirse como una gran depresión asimétrica limitada al Sur por el borde septentrional del Cratón de Guayana; al Norte por el cinturón móvil de las Serranías del Interior Central y Oriental; al Oeste por el Levantamiento de El Baúl; y al Este la cuenca continua por debajo del Golfo de Paria, incluyendo la parte situada al Sur de la Cordillera Septentrional de la Isla de Trinidad y se hunde en el Atlántico al Este de la Costa del Delta del Orinoco. (González de Juana, et Al, 1980).

La evolución de esta cuenca es relativamente simple por haber estado desde el Paleozoico apoyada sobre el borde estable del Cratón de Guayana. Suaves movimientos de levantamiento y hundimiento de este borde ocasionaron transgresiones y regresiones externas, que fueron de gran importancia para la formación final de la cuenca. (González de Juana, 1980) (Figuras 2.4 y 2.5).



Figura 2.4 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela (Schlumberger, 1997).

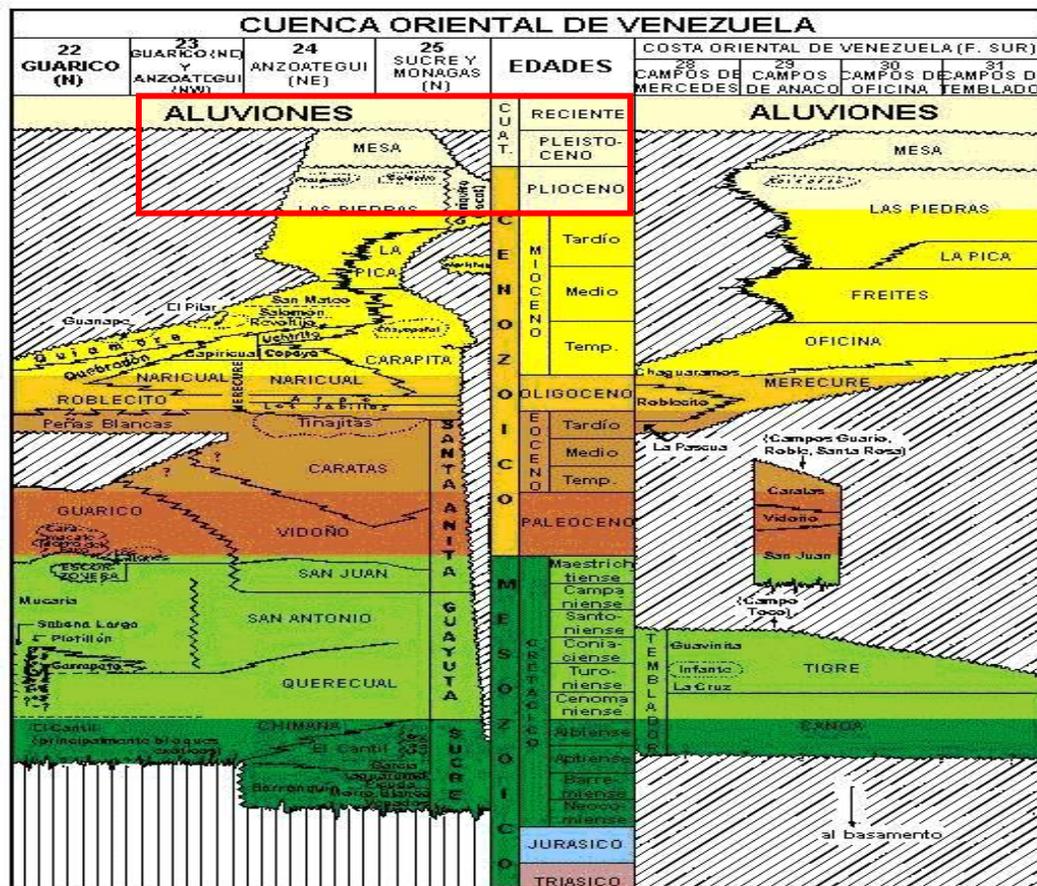


Figura 2.5. Tabla de Correlación estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela (CECPV, 2011)

### 2.3.2.2 Geología local

La geología local dominante en el área objeto de estudio data del Pleistoceno. Presenta una composición litológica constituida por una secuencia espesa de gravas y arenas asociada a depósitos clásticos, los cuales tienen matriz variable desde arenosa limpia hasta francamente arenosas, capas de arcilla que varían desde puras hasta francamente arenosas. Esta formación presenta pobre aptitud como material de fundación, lo que genera un suelo de textura liviana en superficie y es limosa a medida que se profundiza y arcillosa en las proximidades del río Orinoco (Informe Geoambiental Estado Anzoátegui 2007).

❖ Formación Mesa: El área objeto de estudio se encuentra en la Formación Mesa cuya conformación es mayoritariamente de arenas no consolidadas, provenientes del Cuaternario, y aún más jóvenes son los depósitos sedimentarios originados por las inundaciones periódicas generadas por las crecientes del río Orinoco. El espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluviodeltáica, y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al., 1980). En la mesa de Maturín, esta formación tiene un espesor máximo de 275m, mientras que en el Estado Bolívar rara vez llega a los 20m. (PDVSA-Intevep, 1999-2001).

La extensión geográfica de la Formación Mesa se extiende por los llanos centroorientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al Sur del río Orinoco. Al Sur del río Orinoco se observan remanentes de esta formación, en forma de arenas irregulares sobre el Complejo de Imataca. (PDVSA-Intevep, 1999- 2001).

Los contactos de la Formación Mesa suprayace concordante y transicional, a

la Formación Las Piedras (Plioceno). En el centro del Estado Anzoátegui la Formación Mesa descansa sobre Las Piedras y lateralmente gradada hacia el Este a la Formación Paria. En el extremo Sur del Estado Anzoátegui y en el área de Ciudad Bolívar, la Formación Mesa descansa sobre el Complejo ígneo-metamórfico de Imataca.

En la Formación Mesa se han encontrado fósiles de agua dulce, asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada (González de Juana et al., 1980). El hallazgo de restos fósiles autóctonos de madera fosilizada (opalificada), con avanzado estado de litificación, se postula como evidencia de una edad posiblemente mayor que el Pleistoceno. Edad: Con base en la relación transicional con la formación las piedras (Plioceno), se ha postulado una edad Pleistoceno para la Formación Mesa.

Zinck y Urriola (1970) y Coplanarh (1974), intentaron establecer una cronología de la formación Mesa, con base en la evolución de los suelos y usando el esquema estratigráfico originalmente de terrazas (t) y luego cronológico del Cuaternario (Q). De esta forma, sugirieron que los suelos desarrollados sobre la Formación Mesa, pertenecen al Pleistoceno temprano. Sin embargo, como lo indicaron Bezada y Schubert, (1987), este esquema, basado en comparaciones directas con cronologías cuaternarias europeas, adolece de defectos, entre ellos, la variación en el tiempo de la formación de suelos bajo diferentes climas (PDVSA-Intevep, 1999-2001) (Figura 2.6).

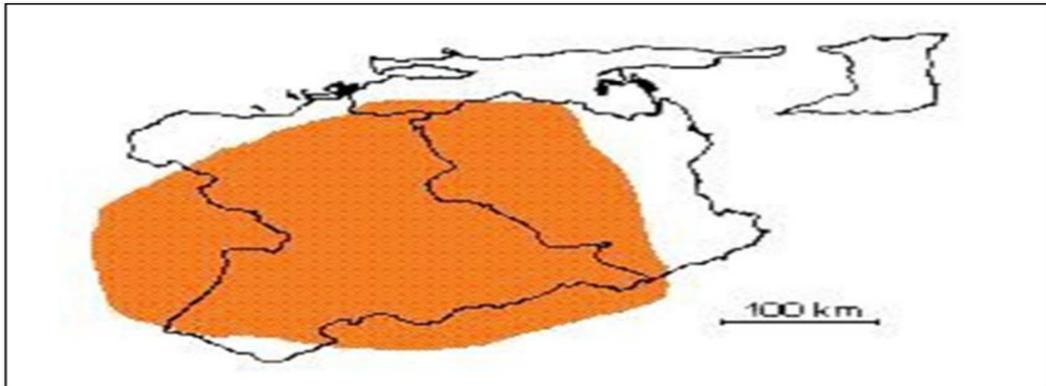


Figura 2.6 Mapa de la Formación Mesa. PDVSA-Intevep (1999-2001).

❖ Escudo de Guayana: El Escudo Precámbrico de Guayana el cual está ubicado al Sur de Venezuela, limitado al Norte por el curso del río Orinoco, el Escudo Precámbrico cubre casi totalmente el estado Bolívar, el estado Amazonas y parte del estado Delta Amacuro. Este escudo ocupa unos 2.3 millones de Km<sup>2</sup> a través de Venezuela, Guyana, Surinam, Guyana Francesa, Colombia, Bolivia, Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina; una parte importante de él está representado por el cratón Amazónico que con sus 4.3 km<sup>2</sup> es el cratón de mayor área mundial.

El cratón Amazónico se divide en dos escudos, el Guayanés al Norte y el Escudo Guaporé al Sur, perteneciente a la cuenca paleozoica sedimentaria del río Amazonas. El Escudo Precámbrico de Guayana ha sido subdividido en la región Guayana, por Menéndez (1968) en González de Juana C. *et al* (1980), en cuatro provincias geológicas bien marcadas por sus diferentes aspectos litológicos, variabilidad muy compleja en su estructura y por la determinación de sus edades absolutas, de la más antigua a la más joven, están en el siguiente orden: Imataca (rocas Arqueozoicas), Pastora (Proterozoico Inferior), Cuchivero (Proterozoico Inferior) y Roraima (Proterozoico Medio) (Figura 2.7).

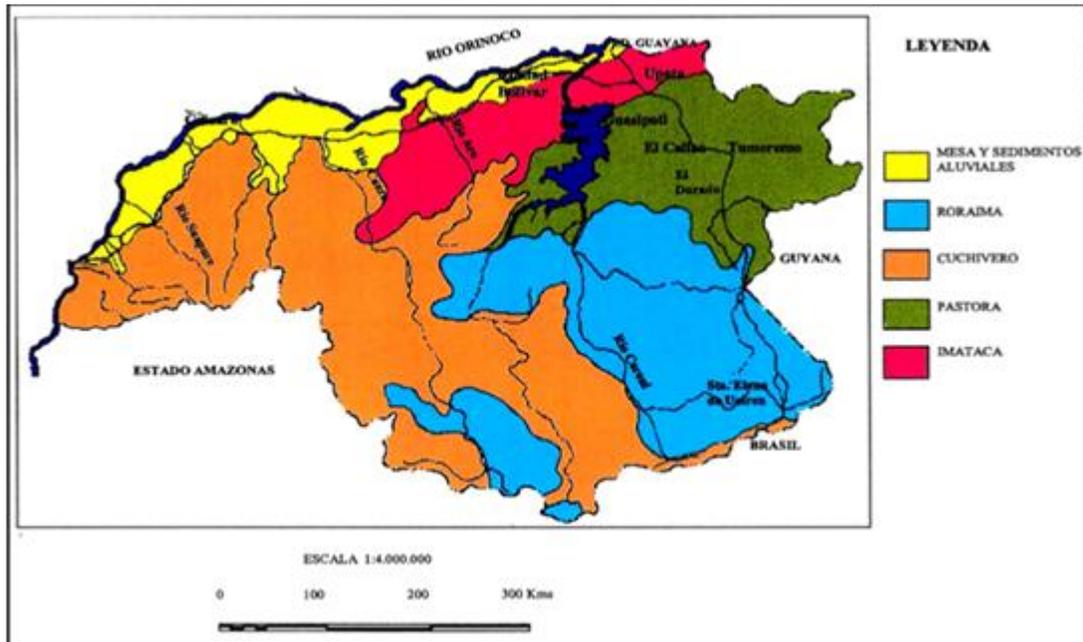


Figura 2.7 Provincias Geológicas del estado Bolívar (Unidad de Geología de C.V.G. Tecmin C.A, P.I.R.N.R.G.)

Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas y edades, las rocas de estas provincias han sido intrusionadas por diques y sills de rocas básicas y ácidas. En la región 43 también se localizan sedimentos de La Formación Mesa, sedimentos cuaternarios y meta sedimentos tipo Formación Cinaruco. Provincias Geológicas del estado Bolívar (Unidad de Geología de C.V.G. Tecmin C.A, P.I.R.N.R.G.). Los trabajos más actualizados que se tomaron como referencia para la geología regional, son de (Mendoza, 2.000 y PDVSA-Intevep, 1.999-2001).

❖ Provincias Geológicas del Escudo de Guayana: El Escudo de Guayana (EG) en Venezuela se compone de las siguientes cuatro provincias geológicas: Imataca (PI), Pastora (PP), Cuchivero (PC) y Roraima (PR) (Mendoza, V. 2005). Sin embargo, en el área objeto de estudio predomina la provincia geológica de Imataca.

*Provincia Geológica de Imataca (PI)*: Se extiende en dirección SW-NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE aflora desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente. (Mendoza, V. 2005). Litológicamente la (PI) 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 (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnésicos (El Torno Real Corona) (Mendoza, V. 2005).

La Provincia de Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto, en la parte norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte sur la tendencia dominante de los pliegues es N 60°-70° E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Guri (Mendoza, V. 2005) (Ascanio, 1975 en Mendoza, V. 2005).

De igual forma, postularon que parte, al menos, del complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan varios microcontinentes que por deriva chocaron unos con otros por obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Ascanio (1975) denominó a estas fallas como de la Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar.

### **2.3.3 Geomorfología**

Geomorfológicamente, el área objeto de estudio posee un paisaje de peniplanicie en consecuencia de un mayor rebajamiento por parte de los procesos de peniplanación que han tardado un tiempo muy largo, en la escala geológica, para meteorizar rocas

como granitos, gneises graníticos, diabasas, gabros y cuarcitas ferruginosas (C.V.G TECMIN, 1989)

La unidad se define como peniplanicie con relieve de Colina, estos son relieves de perfil convexo, muy rebajados debido a la actividad de los procesos erosivos que los han afectado. La topográfica es suavemente ondulada, con pendientes entre 4% y 8%. Se desarrollan sobre rocas graníticas del Complejo Imataca. La erosión es por escurrimiento difuso a modo de surcos locales (Figura 2.8) (C.V.G TECMIN, 1989).



Figura 2.8. Geomorfología predominante en el área objeto de estudio.

#### **2.3.4 Suelos**

Según el mapa de los tipos de suelo presentes en Venezuela, la zona de estudio pertenece a los tipos de suelo Ultisoles (Cedeño y Salazar, 2017). Estos son suelos arcillosos y ácidos (pH bajo), de fertilidad escasa. Ocupan un porcentaje mayor del territorio que cualquier otro tipo. Se encuentran en los estados Apure, Guárico, Anzoátegui, Monagas, Zulia y Cojedes; y abarcan la mayor parte de los estados Bolívar y Amazonas (Figura 2.9) (Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2007).



Figura 2.9. Suelo predominante en el área de estudio.

### **2.3.5 Hidrografía**

La hidrografía de la zona de estudio la conforma el río Orinoco, ya que este se encuentra a 980 mts hacia el sur del afloramiento; es el río más extenso del país, a lo largo de su curso desde sus nacientes hasta su desembocadura, ha determinado la formación de diversos paisajes. La zona de estudio posee lagunas permanentes a 850 mts en dirección SE y otra a 1 km en dirección SW, que han desarrollado pequeños lechos de inundación, lo que les permite divagar en trenes de meandros.

### **2.3.6 Vegetación**

La vegetación predominante del área objeto de estudio es de sabana gramínea abierta. Estas comunidades herbáceas se extienden sobre terrenos ondulados donde se alternan suelos de texturas arcillo arenosas en áreas depresionales (vegas y glacis) y suelos arenosos con abundante pedregosidad en superficie y de poca profundidad efectiva en las colinas. Estas características físico ambientales determinan cambios en el porcentaje de cobertura, encontrando que, hacia las colinas con abundantes nódulos

de hierro y pisolitas en superficies, la sabana es rala, con un porcentaje de cobertura que varía entre 20% y 30% (C.V.G. TECMIN, 1989).



Figura 2.10 Vegetación presente en el área objeto de estudio.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

Con base a la revisión bibliográfica realizada entre los trabajos de investigación que sirvieron de aporte significativo para el desarrollo tema objeto de estudio, tanto para el contenido como para la metodología empleada, a continuación, se mencionan los de mayor relevancia:

Corporación Venezolana de Guayana - Técnica Minera, C. A. (C.V.G. TECMIN C.A.) (1989) realizaron un Proyecto de inventario de los recursos naturales de la Región Guayana. Hojas NC-20-14, la cual consta del análisis e interpretaciones geológicas, geomorfológicas, estudio climático, suelo, vegetación; en que se describieron las distintas unidades litológicas, distintos relieves dominantes en la zona, la distribución de la clase de suelo, estaciones climáticas que se interfiere en el área y tipos de vegetación en 1986-1991. De acuerdo con esto, se realizó una revisión bibliográfica, en la cual se obtuvo información detallada, que sirvió como punto de apoyo y orientación en este trabajo de investigación, en cuanto a la accesibilidad, el clima, la temperatura, suelo, fauna, vegetación, geomorfología, así como otros aspectos relevantes en las zonas de estudio.

Cedeño, M. y Salazar, G., (2017) realizaron la Caracterización geológica del cerro Angostura Norte, ubicado en dirección NW del Peaje Norte del Puente Angostura, vía Ciudad Bolívar – Soledad, Municipio Independencia del estado Anzoátegui. Esta investigación se enfocó en una metodología descriptiva con un diseño de campo documental centrado en la observación en campo, toma de muestras, levantamiento geológico de superficie, por medio de un análisis macroscópicos y químicos de las

muestras, para lo cual efectuaron ensayos de laboratorio tanto petrográficos como geomecánicas, para la determinación del tipo de roca, composición mineralogía y calidad de roca respectivamente a fin de determinar las estructuras geológicas y la geoquímica presente en el afloramiento, siendo este afloramiento no explorado.

Cabrera, E., y Cabrera, K., (2010) efectuaron una “Evaluación geológica y minera de los materiales no metálicos, con fines de construcción, presentes en el fundo Juana Rosa. Municipio independencia, parroquia Soledad, estado Anzoátegui”. El objeto de la investigación fue evaluar de manera geológica y minera, los materiales no metálicos, con fines de construcción, presentes en el Fundo, con la finalidad de conocer la calidad de los sedimentos para el aprovechamiento del mismo. La metodología utilizada se enmarcó dentro de los siguientes aspectos: descriptiva, que permitió exponer la información acerca de los procesos o fenómenos allí presentes y sus implicaciones; proyectiva, porque la investigación se basó en la evaluación de los minerales presentes en el área de estudio, y exploratoria, por el poco conocimiento que se maneja de la zona, para lograr obtener las reservas de los minerales no metálicos presentes en el fundo.

Para caracterizar la calidad de los sedimentos se emplearon ensayos físicos, basándose en las Normas COVENIN, predominando las arenas de grano fino. Los aportes obtenidos de la citada investigación sirvieron de base para el desarrollo del presente estudio, tomando en cuenta los parámetros químicos de las rocas, permitiendo de esta manera conocer las características geomorfológicas determinando el origen y las características, físicas, químicas, mineralógicas y geomecánicas de las diferentes unidades litológicas que afloran en las zonas presentes en área objeto de estudio.

Los aspectos obtenidos de las citada investigación sirvieron de base para el desarrollo del presente estudio, tomando en cuenta los parámetros químicos de las rocas, permitiendo de esta manera, conocer las características geomorfológicas determinando el origen y las características, físicas, químicas, mineralógicas y

geomecánicas de las diferentes unidades litológicas que afloran en la zona.

Mata, R. (2009) en su trabajo sobre la Caracterización geológico–ambiental con fines de conservación del río Moquete, Municipio Miranda estado Anzoátegui, se enmarcó en una metodología analítica descriptiva, con un diseño de campo documental, en la cual se hizo énfasis en las características ambientales y geológicas del río Moquete, y mediante resultados físico-químicos y bacteriológicos pudieron determinar si las aguas de los morichales en época de lluvia son aptas para consumo humano. Este estudio aportó a nuestra investigación los diferentes resultados de los parámetros físicos-químicos y bacteriológicos, estos análisis se realizaron las muestras de rocas que fueron extraídas del suelo del área.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Rocas metamórficas**

Para Carenas, M., Giner, J., González, J., y Pozo, M., (2014), las rocas metamórficas “son materiales que han sufrido una transformación como resultado del intenso calor y la elevada presión, pero también como resultado de la acción de fluidos termales” (p. 196). Por tanto, este tipo de rocas son el resultado del proceso de metamorfismo que se originan cuando el material en mención se enfrenta a condiciones de presión o de temperatura diferentes de aquellas que permitieron su desarrollo.

En este sentido, las rocas metamórficas son formadas por transformaciones texturales, mineralógicas y en algunos casos químicas, de otras rocas preexistentes dentro de un ambiente geológico dentro de la litosfera, y con excepción de las condiciones reinantes en la superficie de la misma. Las rocas metamórficas han sufrido como consecuencia de intensos cambios, en la temperatura, presión y ambiente químico (Todos producidos por la misma fuerza que pliegan, fallan, inyectan magma

y elevan y deprimen las masas de las rocas). Tales fuerzas producen modificaciones de las rocas, a través del proceso conocido como metamorfismo (Turner, F. 1963).

### **3.2.2 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).

### **3.3 Tipos de metamorfismo**

Existen varios tipos de metamorfismo, según la aplicación de distintos criterios, los cuales se definen de la siguiente manera. Según el alcance del proceso y el origen del color pueden ser, metamorfismo regional y de contacto. Conforme a la relación de los procesos tectónicos son dinámico o cataclástico y en colisión continente-continente, y el metamorfismo de fondo oceánico o hidrotermal. A continuación, se definen cada uno de estos:

#### **3.3.1 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).

### **3.3.2 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).

### **3.3.3 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).

### **3.3.4 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).

### **3.3.5 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 en las reacciones químicas entre el agua del mar y las rocas, formando alteraciones que difieren de los basaltos originales (Méndez, J. 2006).

### **3.4 Discordancias**

Es una relación que representa un cambio en una secuencia de rocas. Las discordancias son de particular importancia en la interpretación de secuencias de eventos de una sucesión estratigráfica. Puesto que una secuencia de roca tiene un significado en el tiempo geológico, una discordancia representa un vacío en el registro del tiempo geológico. (Hutton 1795). Entre sus tipos están:

#### **3.4.1. Discordancia angular**

Es una discordancia en la que los estratos más antiguos buzan (se inclinan) con un ángulo diferente al de los más jóvenes (implica movimientos tectónicos) (Dunbar y Rodgers, 1957). Una disconformidad angular es una sobre posición sedimentaria de rocas más jóvenes encima de rocas más antiguas ya inclinadas. Este hecho comprende también el caso donde estratos más jóvenes no plegados descansan sobre estratos más viejos plegados.

#### **3.4.2 Disconformidad**

Es la discontinuidad estratigráfica en la que los materiales inferiores y superiores mantienen un paralelismo, pero la superficie de interrupción es una superficie alabeada de erosión (Dunbar y Rodgers, 1957). También conocida como discordancia paralela, es aquella donde existe una discordancia por encima y por debajo de la cual las capas de las rocas son paralelas. Esta ocurre, cuando los estratos más jóvenes son paralelos a los más antiguos, pero sin señales de erosión y su contacto representa una intrucción

de la secuencia

### 3.4.3 Inconformidad

Es el conjunto de materiales estratificados que descansa sobre otros que no lo están, siendo estos ígneos o metamórficos y que están expuesto a la erosión (Dunbar y Rodgers, 1957). En este sentido, existe una inconformidad cuando una superficie de erosión que afecta a rocas metamórficas o ígneas está cubierta de rocas sedimentarias.

### 3.4.4 Paraconformidad

La Paraconformidad es la discontinuidad estratigráfica en la que se mantiene el paralelismo entre los materiales superiores e inferiores, y la superficie es como un plano de estratificación, sin que sea necesaria las señales de erosión (Dunbar y Rodgers, 1957) (Figura 3.1).

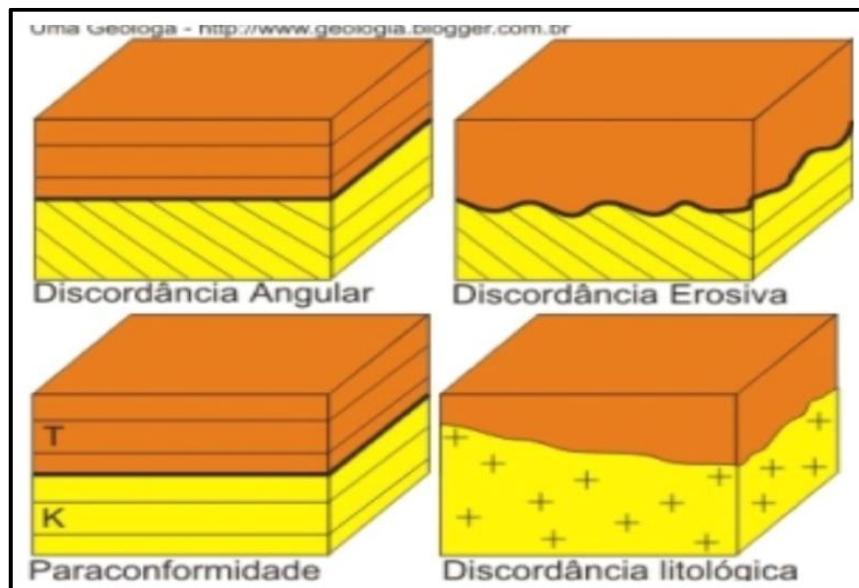


Figura 3.1 Tipos de discordancias (Dunbar y Rodgers, 1957).

### **3.5 Protolito**

Se refiere a la roca original anterior al metamorfismo. En un metamorfismo de bajo grado donde la textura original es preservada, el protolito es fácilmente reconocible. Al aumentar el grado de metamorfismo y cambiar la textura, así como la composición química, es más difícil determinar el protolito (Méndez, J. 2006).

### **3.6 Textura**

La disposición de las partes de una roca, incluyendo las relaciones geométricas entre sus partes, la morfología de cada parte y sus características internas, a la escala de una lámina delgada. Es sinónimo de microestructura (Gómez, J. 2008).

### **3.7 Términos texturales de las rocas metamórficas**

#### **3.7.1 Blasto**

Cualquier cristal que se ha formado en un ambiente metamórfico por crecimiento en estado sólido, independientemente de su tamaño (Castro A. 2015).

#### **3.7.2 Porfidoblasto**

Cristal de tamaño relativamente grande que ha crecido en estado sólido en un ambiente metamórfico (Castro A. 2015).

#### **3.7.3 Matriz**

Mosaico de cristales de pequeñas dimensiones en las rocas metamórficas con textura porfidoblástica. Esta matriz puede, a su vez, poseer una textura granoblástica,

lepidoblástica, nematoblástica o una combinación de ellas (Castro A. 2015).

#### **3.7.4 Porfidoclasto**

Término que se usa para describir, en las tectonitas (cataclasitas y milonitas), los cristales de mayores dimensiones que conservan todavía un tamaño similar al original (Castro A. 2015).

#### **3.7.5 Poiquiloblasto**

Cristal que contiene numerosas inclusiones de otros minerales (Castro A. 2015).

#### **3.7.6 Megacristal**

Término no genético muy útil para referirse a granos relativamente grandes, de cualquier forma, inmersos en una matriz de grano más fino (Gómez, J. 2006).

#### **3.7.7 Textura Granoblástica**

Todos los cristales son aproximadamente del mismo diámetro de grano, por ejemplo, un ortogneis de feldespato alcalino, cuarzo y biotita (Griem, W. 2015).

#### **3.7.8 Textura Lepidoblástica**

La textura lepidoblástica es típica para rocas con un alto contenido en filosilicatos como las micas o la clorita. Por ejemplo: los filosilicatos y los demás cristales de la roca pueden ser alineados paralelamente, por ejemplo, las micas, cuarzo y feldespato de una micacita o los filosilicatos pueden formar estructuras radiales (Griem, W. 2015).

### **3.7.9 Textura Nematoblástica**

La roca metamórfica es caracterizada por la presencia de cristales columnares prismáticos, por ejemplo, son los anfíboles prismáticos en un esquisto de antigorita o por sillimanitas prismáticas en un gneis (Griem, W. 2015).

### **3.7.10 Textura Fibroblástica**

La roca es caracterizada por la presencia de cristales fibrosos, por ejemplo, de sillimanitas fibrosas de un gneis (Griem, W. 2015).

### **3.7.11 Textura Poiquiblastica**

La textura poiquiblastica es caracterizada por minerales metamórficos, que incluyen numerosos minerales más pequeños o relictos minerales. Se debe al crecimiento nuevo de minerales metamórficos alrededor de numerosos relictos de minerales originarios. Por ejemplo, ortoclasas, que incluyen minerales diminutos de plagioclasas, cuarzo y biotita de un gneis (Griem, W. 2015).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación, constituye un paso importante en la metodología del estudio, que permite determinar los métodos y técnicas que se van a emplear en la investigación, y el enfoque de los instrumentos que se utilizarán en los mismos, así como también la manera de analizar los datos recaudados.

El presente estudio se basa en una investigación del tipo descriptiva - exploratorio. Al respecto de la investigación descriptiva Arias, F. (2016) señala que “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Es decir, ésta permitió caracterizar desde el punto de vista geológico, los afloramientos tal cuál y como se encuentran en su ambiente natural existentes en las adyacencias del peaje norte del puente angostura, específicamente en el municipio Independencia de Soledad, estado Anzoátegui con fines científicos y geológicos para el estudio de los minerales que componen los afloramientos estudiados.

La investigación exploratoria es definida por Arias, F. (2016) 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 conocimientos” (p. 23). En este sentido, se trata de una investigación exploratoria, ya que, para el desarrollo del objetivo general y específicos, se llevaron a cabo las respectivas visitas de campo a las zonas de estudio, permitiendo extraer las muestras necesarias de los afloramientos existentes, con el propósito de realizar el análisis químico pertinente a cada una de ellas.

## 4.2 Diseño de la investigación

El diseño de una investigación, se refiere a la manera práctica y precisa que se debe adoptar el investigador para cumplir con los objetivos de su estudio, por cuanto este indica los pasos a seguir para cumplir dichos objetivos. En este contexto, la investigación, está orientada hacia un diseño de campo, por cuanto estas permiten observar y recolectar los datos directamente de la realidad. Para Palella, S., y Martins, F., (2017), consiste:

“En la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta” (p.88).

En relación a las consideraciones de los autores anteriormente citados la investigación de campo permite recabar la información directamente en el sitio donde se sucede el fenómeno, es decir en las adyacencias del peje norte del puente angostura, específicamente en el municipio Independencia de Soledad, estado Anzoátegui, enfocado en la toma directa de muestras de rocas en su ambiente natural, pertenecientes al complejo geológico de Imataca, para su posterior estudio mediante métodos científicos.

De igual forma, el presente estudio se apoya en una investigación documental sobre la cual, Arias, F. (Obj. Cit.), expresa que “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” (p. 27). En este caso se utilizaron materiales de apoyo tanto impresos como audiovisuales, para complementar una eficiente recolección de investigaciones afines al trabajo en cuestión.

### **4.3 Población de la investigación**

La población o universo se define como “el conjunto de individuos o elementos que tienen ciertas características o propiedades que son las que se desea estudiar. Cuando se conoce el número de individuos se habla de una población finita, y cuando no se conoce su número se habla de una población infinita (Hernández, Fernández y Batista. 2006).

Para el desarrollo de esta investigación se tomó como universo toda la zona comprendida y definida por los afloramientos rocosos del área de estudio ubicado en las adyacencias de peaje del Puente Angostura – Soledad estado Anzoátegui.

### **4.4 Muestra de la investigación**

Una muestra es un conjunto de unidades, una porción del total, que representa la conducta del universo en su conjunto. Es decir, una muestra es una parte del todo, que se llama universo o población y que sirve para representarlo.

En este trabajo de grado, (la muestra o universo), están representadas por las muestras de rocas recolectadas utilizando herramientas manuales como piqueta, cincel y martillo, un total de ocho (8) muestras usando a la vez un GPS, para establecer las coordenadas UTM de los distintos puntos donde se recolectará cada una, para su posterior estudio mediante métodos científicos.

### **4.5 Procedimiento de la investigación**

El procedimiento empleado para el desarrollo del presente estudio se efectuó en cuatro etapas que van desde la fase de pre campo, campo, análisis de laboratorio y la correspondiente al procesamiento de la información para luego exponer las conclusiones y recomendaciones del mismo. Para ello, se elaboró un flujograma de

actividades, el cual permitió ordenar y organizar las actividades de campo y oficina donde se exponen cada una de las etapas que se emplearon para el desarrollo del mismo (Figura 4.1).

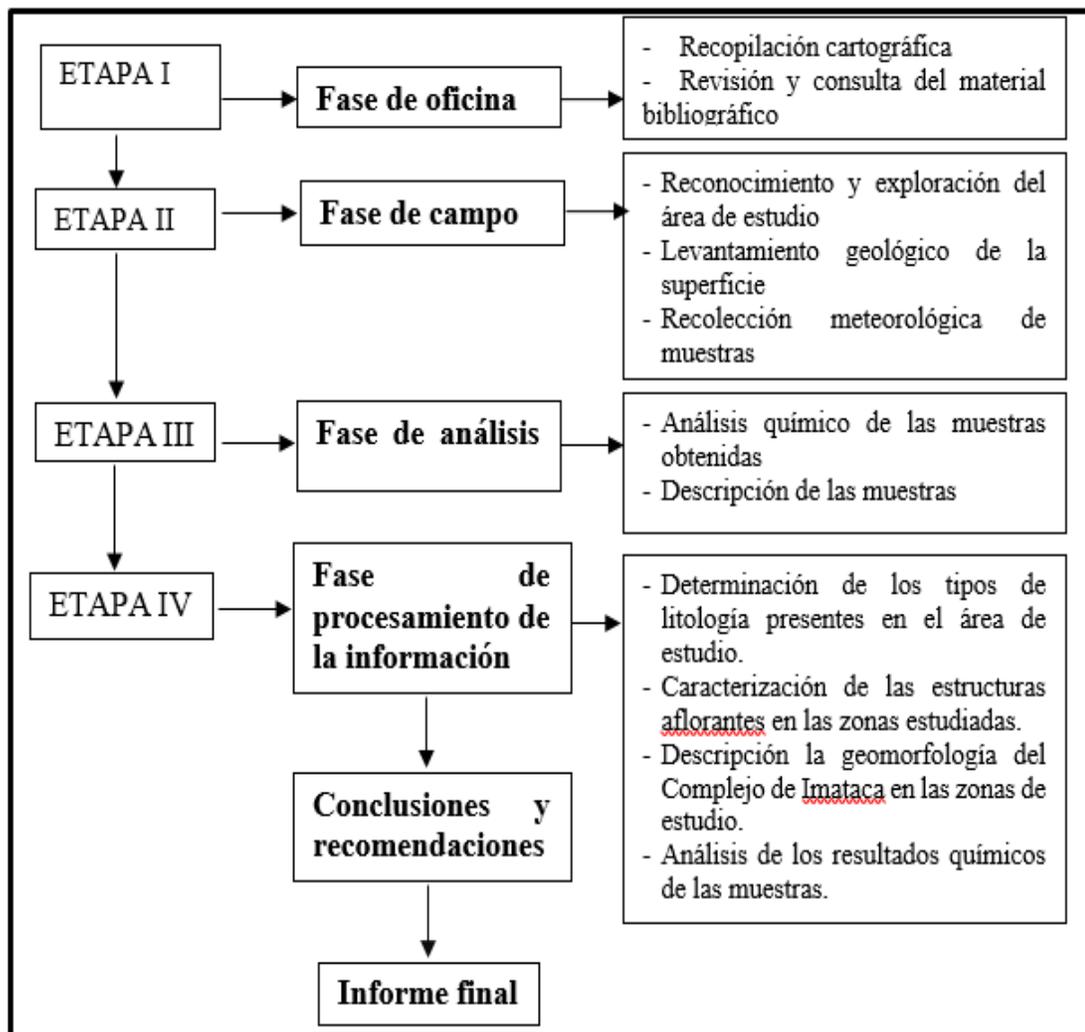


Figura 4.1 Flujograma de actividades

#### **4.5.1 Etapa I: Fase de oficina**

Esta etapa se basó en la recolección de la información directamente del área de estudio, a través de la recopilación cartográfica, así como la revisión y consulta del material bibliográfico existente del área de estudio, que sirvió de base para la elaboración de esta investigación.

##### **4.5.1.1 Recopilación cartográfica**

La recopilación cartográfica del área objeto de estudio fue proporcionada por el Instituto de Minas Bolívar (IAMIB) y el acceso al mapa satelital de la zona, a través de *Google Maps*.

##### **4.5.1.2 Revisión y consulta del material bibliográfico**

La recopilación de información bibliográfica, permitió conocer, reseñar y entender los aspectos generales más resaltantes sobre el tema en estudio, para lo cual se consultaron trabajos previos relacionados con el tema, cercanos al área de estudio (trabajos de grado, informes técnicos, entre otros), fuentes de documentación recolectadas de la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

#### **4.5.2 Etapa II. Trabajo de campo**

Esta etapa se divide en tres fases entre las cuales se mencionan, reconocimiento y exploración del área de estudio, levantamiento geológico y recolección meteorológica de muestras, con el objeto de realizarle el análisis correspondiente.

#### **4.5.2.1 Reconocimiento y exploración del área de estudio**

Esta fase se fundamentó en efectuar un reconocimiento y exploración del área objeto de estudio. El recorrido del área se llevó a cabo con el reconocimiento de las unidades litológicas de la zona y delimitación de los puntos de interés, se realizó a través del área donde afloran las unidades litológicas presentes en esta zona, la cual permitió apreciar en el sitio de estudio, incluyendo los aspectos físico-naturales, tales como su formación geológica estructural, su geomorfología, su tipo de clima, áreas de interés circundantes, su tipo de suelo y vegetación.

#### **4.5.2.2 Levantamiento geológico de superficie**

El levantamiento geológico del área objeto de estudio se efectuó por medio de caminos de tierra en la cual, se pudo describir y verificar el mayor número de unidades litológicas allí presentes, con la finalidad de representarlos en un plano geológico, la sección correspondiente a la que pertenecen cada una de ellas, tales como buzamiento, diaclasas, fallas, entre otras (Figura 4.2).



Figura 4.2 Levantamiento geológico del área objeto de estudio

Posteriormente, se establecieron las coordenadas UTM del área, la ubicación de estos puntos de referencias permitió calcular el área aproximada en metros cuadrados ( $m^2$ ), de la zona de interés, así como también la respectiva ubicación de los puntos, tal como se muestra en la tabla 4.1. y el mapa geológico.

Tabla 4.1 Coordenadas UTM del área

<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	901602N	435173	13	901480	435173
2	901585	435259	14	901428	435259
3	901552	435259	15	901433	435259
4	901535	435262	16	901456	435262
5	901537	435266	17	901422	435266
6	901536	435277	18	901413	435277
7	901520	435313	19	901331	435313
8	901521	435352	20	901359	435352
9	901521	435375	21	901328	435644
10	901433	435390	22	901254	435555
11	901480	435417	23	901195	435573
12	901478	435419	24	901177	435518

#### 4.5.2.3 Recolección de muestras

Para esta fase, se utilizó el método de percusión con mandarina para el corte de las muestras de roca fresca, en los sitios de interés donde se podían apreciar los minerales presentes en los lechos de roca. Las muestras se recolectaron sobre el afloramiento en estudio. Cada muestra se identificó con un código alfanumérico particular para su fácil identificación y sus respectivas coordenadas UTM (Regven) en el sitio de recolección, las cuales fueron M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7 y M-8. (Figura 4.3). (Tabla 4.2)



Figura 4.3 Proceso de la toma de muestras por el método de percusión con mandarría

Tabla 4.2 Coordenadas UTM (Regven) de las muestras de roca

Nombre de la Muestra	Norte	Este	Coordenadas Geográficas
M-1	901552	435259	Latitud 8°09'20.3" Longitud 63°35'15.10"
M-2	901535	435262	Latitud 8°09'19.7" Longitud 63°35'15.64"
M-3	901537	435266	Latitud 8°09'19.83" Longitud 63°35'15.51"
M-4	901536	435277	Latitud 8°09'19.80" Longitud 63°35'15.15"
M-5	901433	435390	Latitud 8°09'16.45" Longitud 63°35'11.45"
M-6	901478	435419	Latitud 8°09'17.92" Longitud 63°35'10.50"
M-7	901331	435536	Latitud 8°09'13.14" Longitud 63°35'6.67"
M-8	90.254	435555	Latitud 8°09'59.44" Longitud 63°35'45.73"

### 4.5.3 Etapa III. Fase de análisis de laboratorio

Esta etapa en particular se divide en el análisis químico de las muestras obtenidas del área de estudio y la descripción de cada una de ellas, se llevó a cabo en el Laboratorio de Geociencias de la Escuela de Ciencia de la Tierra.

#### 4.5.3.1 Análisis químico de las muestras

El análisis químico de las muestras obtenidas, fue realizado en el Laboratorio de Geociencias de la Escuela de Ciencias de la Tierra, de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar. Para el ensayo por absorción atómica se utilizó un Espectrofotómetro de absorción atómica Perkim Elmer. Ms 100 con límite de detección de 0.001 mg/l; para obtener porcentajes de los óxidos mayoritarios ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ ). (Figura 4.4).



Figura 4.4 Espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elemer

El procedimiento empleado para este análisis es el siguiente:

1. Se pesó 0.5 gr de la muestra en un crisol de Platino.
2. Luego se agrega 3 grs de Carbonato de Sodio y 1 gr de Borato de Sodio.
3. Se mezcla y posteriormente se funde a 1000°C.
4. Se coloca en un Beaker de 400 ml y se le agrega 100 ml de HCL al 50% hasta disolver la muestra.
5. Filtrar la solución y cubrir el residuo.
6. El residuo se coloca en un crisol de Platino y se calcina, luego se le agrega 5 ml de HF y 1 ml de HNO<sub>3</sub>. Posteriormente se calienta suavemente hasta disolver y se transfiere a la solución filtrada anteriormente.
7. Por último, se afora a 200 ml en Balón y se determinan las concentraciones de los elementos por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

#### **4.5.3.2 Descripción de las muestras**

Las muestras obtenidas se visualizaron y posteriormente se procedió a realizar una descripción macroscópica de las rocas obtenidas en el área de estudio detallando su color, textura y presencia de algún mineral que indique su procedencia y proceso de formación.

#### **4.5.4 Etapa IV. Fase de procesamiento de la información**

Esta etapa se divide en dos fases, la primera dedicada a la interpretación y análisis de los resultados obtenidos en el área, la cual se efectuó de manera descriptiva con base a toda la información recolectada de trabajos previos, informes de investigación, hojas cartográficas, entre otras. En esta fase se describen cada uno de los resultados obtenidos de los objetivos propuestos, tales como, determinación de los tipos de litología

presentes en el área de estudio, caracterización de las estructuras aflorantes en las zonas estudiadas, descripción la geomorfología de la zona estudiada, y análisis químico de las muestras.

#### **4.5.4.1 Determinación de los tipos de litología presentes en el área de estudio**

Con la finalidad de determinar los tipos de litología presentes en el área de estudio se procedió a corroborar la existencia real de los datos colectados durante la fase de recopilación bibliográfica y cartográfica, puesto que se mide cualitativamente y cuantitativamente los elementos analizados. Se recopiló valiosa información, la cual se utilizó para la corrección y elaboración del mapa topográfico definitivo. Para ello se contó con una serie de materiales que permitieron realizar el trabajo de la forma más óptima posible:

1. GPS marca GARMIN, modelo Etrex.
2. Brújula marca Brunton.
3. Cinta métrica.
4. Cámara fotográfica digital.
5. Una mandarina de 20 Kg.
6. Libreta de campo, marcadores, lápices de colores y de grafito.

Con la información obtenida se elaboraron los mapas geológicos y columnas estratigráficas de las unidades litológicas pertenecientes al Complejo Geológico de Imataca presentes en el área objeto de estudio (Anexo 1).

#### **4.5.4.2 Caracterización de las estructuras aflorantes en las zonas estudiadas**

Para caracterizar las estructuras aflorantes en las zonas objeto de estudio, se recorrió el afloramiento tomando mediciones de coordenadas UTM (Regven) así como

el rumbo y buzamiento de las estructuras presentes con la ayuda de la brújula Brunton y de esta manera realizar las rosetas correspondientes necesarias para poder describir con precisión las características estructurales de la zona de estudio (Figura 4.5).



Figura 4.5 Medición de las diaclasas encontradas en el afloramiento.

#### **4.5.4.3 Descripción de la geomorfología en la zona de estudio**

En esta etapa se realizó una observación del área de estudio para determinar la geomorfología presentes en las zonas objeto de estudio, su relieve y el tipo de topografía que existe, tomando en cuenta lo arrojado con las observaciones del campo para elaborar el mapa geomorfológico de esta área pertenecientes al Complejo de Imataca y la Formación Mesa.

#### **4.5.4.4 Análisis de los resultados químicos de las muestras**

En esta etapa se procedió a normalizar los resultados químicos de las muestras y utilizando el diagrama de Wilson (1987) se procedió a graficarlos para así conocer el protolito de la roca y sus criterios correspondientes a la clasificación por saturación en alúmina en cada una de ellas.

#### **4.5.5 Conclusiones y recomendaciones**

Atendiendo a los resultados arrojados por la investigación, se exponen las conclusiones y recomendaciones con base a los objetivos propuestos.

#### **4.5.6 Elaboración del informe final**

Finalizadas todas las etapas en la investigación y obtención de información para el desarrollo de este trabajo de grado, se procedió a la realización del informe final de grado, con base en el Manual de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente (2017).

### **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **4.6.1 Técnicas**

Para Arias, F., (Obj. Cit.) “se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Es decir, las técnicas representan las formas que utiliza el investigador para recabar la información necesaria, prevista en el diseño de la misma, ya que estas conducen a la verificación del problema planteado. En función de lo antes expuesto, en este estudio se emplearon como técnicas, la observación directa participante y el análisis documental, tal como se describen a continuación:

##### **4.6.1.1 Observación directa**

Palella y Martins (2010) señalan que “la observación es participante cuando el investigador se incluye en el grupo, hecho o fenómeno observado, para obtener la información desde adentro...” (p. 118). Esta técnica le permitió al investigador

observar los afloramientos rocosos tal cuál y como se encuentran en su ambiente natural, es decir en las adyacencias del peje norte del puente angostura específicamente en el Municipio Independencia.

#### **4.6.1.2 Análisis documental**

Arias, F. (Obj. Cit.), define el análisis documental como “aquel que utiliza instrumentos tales como fichas, computadora y sus unidades de almacenaje, conduce a la obtención de información” (p.68). Esta técnica permitió realizar la revisión de mapas para obtener la cartografía de la zona de estudio; así como también la correspondiente al material bibliográfico como trabajos de grado, folletos, informes técnicos, investigaciones, entre otros.

#### **4.6.2 Instrumentos**

Para Arias, F. (Ob. Cit.) define los instrumentos de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68). Se trata de las herramientas que se emplean para obtener la información necesaria para la investigación. Para recabar los datos pertinentes a este estudio se empleará como instrumentos tales como: ficheros, mapas, folletos; que permitieron la recolección de información necesaria para poder cumplir a cabalidad los objetivos planteados; así como también se emplearon los siguientes equipos:

1. Vehículo.
2. Bolsas para muestras.
3. GPS (Sistema de posicionamiento global).
4. Libreta de campo.
5. Mandarria

6. Cinta métrica.
7. Resma de papel tamaño carta.
8. Computador.
9. Juegos de escuadra.
10. Cinta adhesiva.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Con base a los objetivos propuestos se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **5.1 Tipos de litologías presentes en el área de estudio**

Conforme al mapa geológico generado en el área objeto de estudio, se logró determinar una unidad litológica representada por formaciones rocosas de la edad del Precámbrico - Arqueozoico – Holoceno, perteneciente al Complejo Geológico de Imataca, conocida como gneis cuarzo feldespático, granulitas félsicas y granulitas máficas las cuales a través de su descripción macroscópica, se pudo confirmar que se formaron debido a un proceso metamórfico de grado alto, un metamorfismo regional, de la facies de la granulita.

Como resultado del levantamiento geológico realizado se realizó el mapa geológico a escala 1:10.000, donde se detallan la litología de las rocas pertenecientes al Complejo Geológico de Imataca, cuya descripción petrográfica de las muestras extraídas fue gneis cuarzo feldespático, con textura granítica de grano fino a medio con abundante presencia de biotita, en alguna áreas presenta intrusión de pegmatita con metamorfismo de contacto migmatita del tipo granulita félsica en algo caso granulita máfica.

De igual forma, se identificaron sedimentos pertenecientes a la unidad geológica Formación Mesa específicamente del período Cuaternario correspondiente a la época del Holoceno, constituidos por arenas, arcilla y gravas en menor proporción, provenientes de la disgregación de roca meteorizada y sedimentos provenientes de la erosión de la Formación Mesa y del Complejo Geológico de Imataca que se depositaron de manera discordante a este (Anexo 1).

Se tomaron ocho (8) en el campo para su respectivo análisis macroscópico con la ayuda de una lupa de geólogo, la cual permitió observar las características texturales y mineralógicas, con el propósito de efectuar la descripción de cada una de ellas. El afloramiento presente en el área es Gneis Cuarzo Feldespático, que se encuentra ubicada al Sureste de la zona objeto de estudio, enmarcado en el tope del cerro, con una altura de 65 metros que ocupa más del 75% del área y representa una de las rocas más antiguas del Complejo Geológico de Imataca. Su textura es gnéisica, pero equigranular, los tamaños de grano varían de fino a medio. Es cortado por una diaclasa de rumbo N 56° W con un buzamiento de 35° NO (Figura 5.1).



Figura 5.1 Afloramiento de Gneis Cuarzo Feldespático presente en el área de estudio.

### 5.1.1 Muestra M-1 (Gneis Cuarzo Feldespático)

La muestra M-1 se encuentra ubicada en Latitud 8°09'20.3" Longitud 63°35'15.10", del área objeto de estudio. Es una Gneis Cuarzo Feldespático, cuyo análisis macroscópico determinó que esta roca representa una roca densa, compacta, dura, bandeada, con tonalidades rosado intenso y gris claro a oscuro, con presencia de plagioclasas en un 20%, piroxeno en un 50%. Presenta una textura de grano medio a grueso, roca ígnea félsica que contiene cuarzo y microclina como constituyentes principales, que además presenta en orden decreciente según su abundancia, oligoclasa, biotita, hiperstena y magnetita. A pesar de su baja proporción, la hiperstena (piroxeno rico en hierro y pobre en calcio) es una característica distintiva de estas rocas. Rocas con esta mineralogía pueden formarse por metamorfismo de una roca cuarzo feldespático en condiciones de facies de granulitas (Figura 5.2).



Figura 5.2 Muestra M-1 Gneis Cuarzo Feldespático

### 5.1.1.1 Muestra M-4 (Gneis Cuarzo Feldespático)

Esta muestra se encuentra ubicada en Latitud 8°09'19.80" Longitud 63°35'15.15" del área objeto de estudio. Esta roca es una Gneis Cuarzo Feldespático que se caracteriza por tener tonalidades rosadas que junto al tono más claro indican la presencia de feldespato potásico con su respectiva alteración del caolín, la cual representa el 40% y 20% respectivamente. Igualmente, se observó la presencia de óxido e hidróxido de hierro con su distintivo color cobrizo y amarillo en un 20%, cuarzo y piroxeno levemente se hacen resaltar con un 10% para ambos casos, cuya textura de granos medio bandeados con los minerales presentes (Figura 5.3).



Figura 5.3 Muestra M-4

### 5.1.1.2 Muestra M-5 (Gneis Cuarzo Feldespático)

En esta muestra, se encuentra ubicada en la Latitud 8°09'16.45" Longitud 63°35'11.45" del área. Esta roca es Gneis Cuarzo Feldespático, cuya composición química y mineral más abundante es la sílice ( $\text{SiO}_2$ ) que conforma la roca en un 71.05% y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) el cual se presenta en un 12.47%; el óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) se presenta en 3.72%; el óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) se presenta en 3.65%; el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) se presenta en 2.38% , y minerales en pequeñas cantidades casi nulas también, como son los casos de  $\text{CaO}$  con 3.17%,  $\text{MgO}$  con 0.18%,  $\text{MnO}_2$  con 0.06%;  $\text{TiO}_2$  con 0.22%, y  $\text{PPR}(\text{H}_2\text{O})$  con 0.23%, que forman parte de la roca respectivamente (Figura 5.4).



Figura 5.4 Muestra M-5

### 5.1.1.3 Muestra M-6 (Gneis Cuarzo Feldespático)

Esta muestra se encuentra ubicada en la Latitud 8°09'17.92" Longitud 63°35'10.50". Esta roca es Gneis Cuarzo Feldespático, conforme al análisis macroscópico esta muestra presenta feldespato potásico de color rosado, aproximadamente un 40% de plagioclasas, un 30% de cuarzo y un 20%, óxido e hidróxidos de hierro en un 6%. De igual forma, se observa el caolín producto de la alteración del feldespato potásico y las plagioclasas con un 2%. Presenta un grano grueso con caras anedrales y una textura bandeada alternancia de los minerales antes mencionados presenta una costra de meteorización de uno o dos milímetros de espesor en la cual se presenta una alteración tales como caolín, óxidos e hidróxidos de hierro (figura 5.5).



Figura 5.5 Muestra M- 6

#### 5.1.1.4 Muestra M-7 (Gneis Cuarzo Feldespático)

Esta muestra se encuentra ubicada en la Latitud 8°09'13.14" Longitud 63°35'6.67" del área de estudio. Es un Gneis Cuarzo Feldespático que presenta una coloración rosada indicando un alto porcentaje de feldespato potásico aproximadamente en un 50% y plagioclasas en un 30%, cuarzo en un 20%, presencia de óxido e hidróxido de hierro en un 10%, poca presencia de caolín. Asimismo, posee una cara de meteorización con alteración de óxido e hidróxido de hierro, textura bandeada y grano grueso (figura 5.6).



Figura 5.6 Muestra M- 7

### 5.1.1.5 Muestra M-8 (Gneis Cuarzo Feldespático)

La muestra M-8 se encuentra ubicada en la Latitud  $8^{\circ}09'59.44''$  Longitud  $63^{\circ}35'45.73''$ . Esta muestra es un Gneis Cuarzo Feldespático cuyo análisis macroscópico presenta en gran abundancia feldespato potásico en un 70% y plagioclasas en un 15%, cuarzo en un 10%, presencia de óxido e hidróxido de hierro (Figura 5.7).



Figura 5.7 Muestra M- 8

### 5.1.2 Muestra M-2 (Granulitas félsicas)

Esta muestra se encuentra ubicada en la Latitud  $8^{\circ}09'19.7''$  Longitud  $63^{\circ}35'15.64''$  del área. Conforme al análisis realizado esta muestra pertenece a una Granulitas félsicas, cuya descripción macroscópica reveló la cual presenta, caolín en un 30%. Este mineral se originó producto de una alteración hidrotermal o meteórica de

feldespatos y moscovita, en este caso podría estar asociado a un proceso de meteorización, feldespato potásico en un 40%, cuarzo 20% y un 10% de óxido e hidróxido de hierro, presenta una textura de grano medio bandeada con alternancia de los minerales antes mencionados (Figura 5.8).



Figura 5.8 Muestra M-2

### 5.1.3 Granulitas máficas

Este afloramiento se encuentra en el Sur-Este del área objeto de estudio, que forma parte de un conjunto de rocas metamórficas más antiguas que conforman el Complejo Geológico de Imataca, el cual ocupa el 40% de la superficie, la cual deriva de un metamorfismo de alto grado. Según Mendoza, V. (2012) estas granulitas están relacionadas a islas y microcontinentes que estaban formadas por CRV-TTG (Cinturones de rocas verdes y tonalitas – trondjemitas – granodioritas), que por deriva, choque, pliegues de arrastre y fallas de corrimiento se suturaron unos con otros durante

el Precámbrico temprano o Arqueozoico hacia 2.8 G,a alcanzando altos grados metamórficos (Facies granulitas) dando como resultado la formación de esta unidad litológica en el Complejo Geológico de Imataca.

### 5.1.3.1 Muestra M-3 (Charnoquita)

Esta muestra se encuentra ubicada en la Latitud 8°09'19.83" Longitud 63°35'15.51" del área objeto de estudio. Uno de los rasgos más resaltantes de esta roca de origen granítico es la presencia de ortopiroxeno en un 60%, plagioclasas en un 30%, óxido e hidróxido de hierro en un 8% y hasta un 2% de granate, lo cual representa una textura de grano medio. Los blastos presentan un aspecto oscuro, que van de color negro a rojizas producida por la alteración de los piroxeno (Figura 5.9).



Figura 5.9 Muestra M-3 Charnoquita

#### 5.1.4 Unidad geológica Formación Mesa

En el área de estudio se reconoció una sola unidad geológica, siendo esta identificada como Formación Mesa. Hacia la parte Norte de la zona de estudio se observaron sedimentos del período Cuaternario, pertenecientes a la Formación Mesa, los cuales ocupan el 40% de la superficie de área estudiada y se extienden por los llanos, centros – orientales (estado Guárico, Anzoátegui y Monagas). La unidad geológica Formación Mesa está constituida por arenas, arcillas y gravas en menor proporción, provenientes de la disgregación de roca meteorizada y sedimentos provenientes de la erosión de esta unidad que se encuentran discordantemente sobre rocas Precámbricas del Complejo Geológico de Imataca (Figura 5.10).



Figura 5.10 Sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa al Norte del área de estudio

#### 5.2 Estructuras aflorantes en las zonas estudiadas

En la zona del área de estudio, se observó la presencia de distintas estructuras expuestas y aflorantes, de las cuales se tomaron distintas mediciones en campo tales

como estación, rumbo, buzamiento, y coordenadas las cuales se describen a continuación en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Estructuras aflorantes de zona estudio

<b>Estación</b>	<b>Rumbo</b>	<b>Buzamiento</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Observaciones</b>
Diaclasa 1	N 15° E	40° NO	435259 E 901552 N	Diaclasas Vertical
Diaclasa 2	N 40° W	17° NO	435259 E 901552 N	Diaclasas Vertical
Diaclasa 3	N 56° W	35° NO	435277 N 901536 E	Diaclasas Vertical
Diaclasa 4	N 50° W	25° NE	435352 N 901521 E	Diaclasas Vertical
Diaclasa 5	S 20° W	56° SE	435550 N 901456 E	Diaclasas Ortogonal
Falla 1	N 65° W	25° NE	435417 N 901480 E	
Falla 2	N 60° E	7° NO	435508 N 901433 E	
Foliación 1	S 23° E	1° NE	435550 N 901456 E	
Foliación 2	S 80° E	3° NO	435550 N 901456 E	

### 5.2.1 Descripción de las diaclasas

En la zona estudiada se pueden apreciar ciertas estructuras geológicas, una de ellas son las diaclasas. Al norte se encuentra un conjunto de diaclasas verticales con rumbo N 15° E y buzamiento 40° NO, diaclasas verticales con rumbo N 40° W y buzamiento de 17° NO, hacia el Este de igual manera, se ubican diaclasas verticales de rumbo N56° W y buzamiento 35° NO (Anexo 1).

Asimismo, al noroeste de la zona estudiada, donde se concentran los bloques y fragmentos de roca más extensos, se observa un sistema de diaclasas ortogonales, con rumbo S 20° W y buzamiento de 56° SE, y N60°W, buzamiento 60° NE separadas entre ellas por una distancia que varía de 40 cm a 60 cm. Estas diaclasas se originaron por el agua circulante que incentivó los procesos de meteorización, generando un proceso de exfoliación ocasionando el desprendimiento de láminas de roca alterada, siguiendo diseño o patrón ortogonal (Figura 5.11).

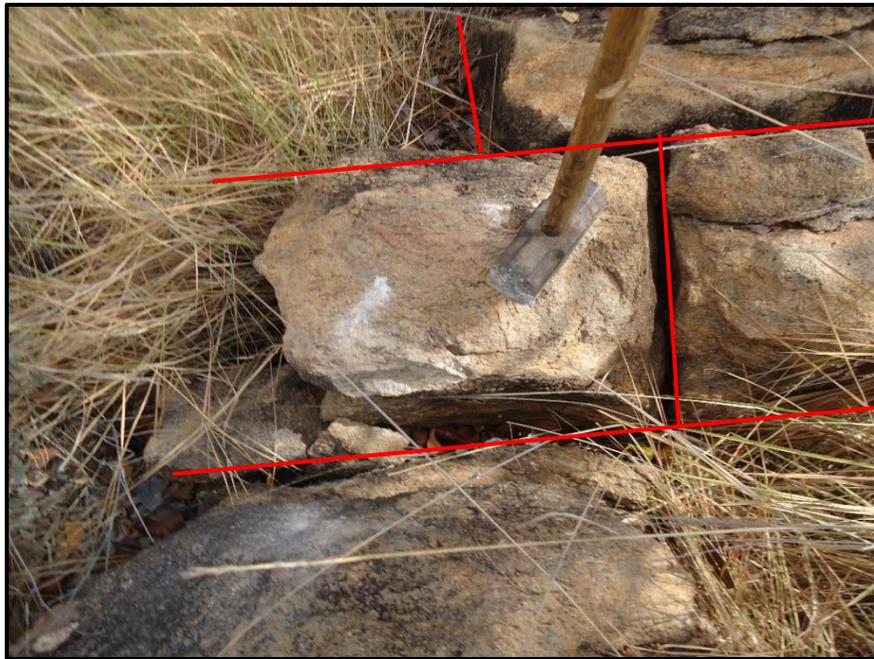


Figura 5.11 Diaclasas ortogonal con separación de 40 a 60 cm

### 5.2.2 Análisis de la foliación

Las foliaciones en las rocas expuestas, son otra estructura geológica que se encuentra en gran parte de la zona estudiada. Al sureste del área de estudio, se encuentra un sistema de foliación de rumbo S 23 E, con buzamiento de 1 NE de igual manera, más al sureste, se observa foliación en las rocas, con dirección de S 80 E y buzamiento

de 3 NO. Además, rumbo N 18 E y buzamiento 4 NO, respectivamente.

### 5.2.3 Análisis de las fallas de rumbo

En menor presencia, se encuentran fallas de rumbo, apreciables al noroeste del área de estudio en rocas expuestas de dimensiones que varían de 70 a 90 cm, se encuentra una falla de rumbo con desplazamiento sinistral con dirección N 65° W y ángulo de buzamiento 25° NE. Mientras que al sureste se observa una falla de rumbo, con desplazamiento sinistral, con dirección N 60° E y ángulo de buzamiento de 7° NO, respectivamente (Figura 5.12).

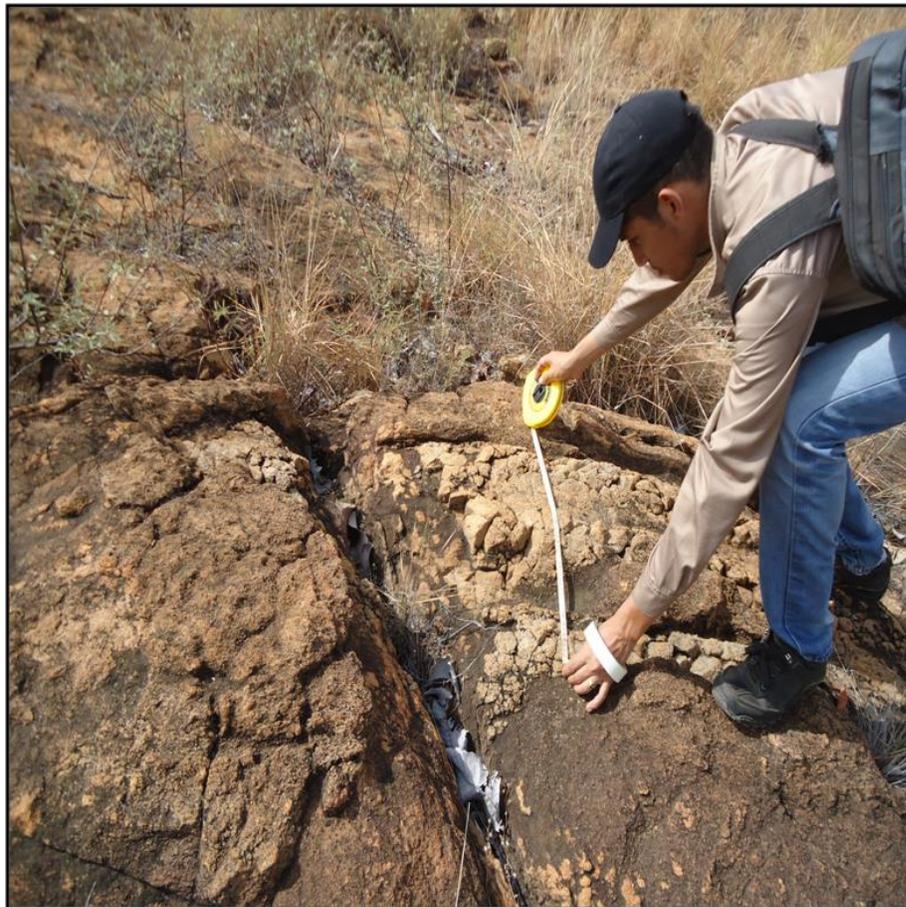


Figura 5.12 Falla de rumbo encontrada en la zona de estudio

### **5.3 Geomorfología de la zona de estudio**

La geomorfología presente en las zonas de estudio está compuesta pertenece al Complejo Geológico de Imataca, que está compuesta por gneis cuarzo feldespático producto del proceso metamórfico provenientes del Precámbrico, con sedimentos recientes del Cuaternario, constituidos por arenas, arcillas y gravas en menor proporción, provenientes de la disgregación de roca meteorizada y sedimentos provenientes de la erosión de la Formación Mesa.

El relieve predominante en esta zona es de colinas de perfil convexo, muy rebajados debido a la actividad de los procesos erosivos que los han afectado, que pertenece, a la formación Mesa. La topografía es suavemente ondulada, con pendientes entre 4% y 8%. Se desarrollan sobre granulitas félsicas y máficas del Complejo Imataca. La erosión es por escurrimiento difuso a modo de surcos locales, a través de las fracturas.

Posteriormente, suprayacen al Complejo de Imataca discordantemente sedimentos del Cuaternario de la Formación Mesa y sedimentos recientes. Estos sedimentos observados en la zona, posiblemente cubrió parte de las unidades litológicas de este complejo durante el período Cuaternario el cual hizo que el cauce de un río que fluyera más hacía el este del estado Bolívar.

### **5.4 Análisis químico de las rocas aflorantes en la zona objeto de estudio**

Conforme a los resultados obtenidos previo análisis realizado en el Centro de Geociencias de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar. Los datos fueron normalizados, además de los valores dados mediante las formulas:  $(Na_2O+K_2O)$  para el Diagrama (total de alcalinos vs. sílice) de Cox et al. (1979) adaptado por Wilson (1989) para rocas plutónicas; y  $(Na_2O+K_2O+CaO)$ , para obtener los criterios de clasificación por saturación en alúmina (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Resultados de los análisis químicos con los valores normalizados

Parámetro	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8
SiO <sub>2</sub>	71,14	68,27	70,01	69,42	71,05	69,34	67,23	68,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,23	15,49	13,84	11,37	12,47	13,03	13,65	16,24
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,28	0,14	0,28	0,22	0,21	0,19	0,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,89	3,62	3,39	4,15	3,72	3,79	3,32	2,38
CaO	3,70	2,54	2,42	2,62	3,17	4,24	2,74	3,43
MgO	0,35	1,15	2,35	2,63	2,20	1,29	2,32	1,19
Na <sub>2</sub> O	3,63	4,54	3,28	4,28	3,65	3,47	4,82	5,35
K <sub>2</sub> O	3,59	3,07	3,24	3,59	2,38	1,40	2,95	1,49
MnO <sub>2</sub>	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05
P <sub>1</sub> P <sub>1</sub> R+(H <sub>2</sub> O)	0,16	0,27	0,25	0,20	0,23	0,19	0,17	0,18

Atendiendo a los resultados obtenidos se evidenció que después de la sílice, la alúmina es el segundo componente más abundante de las muestras tomadas en campo de la zona de estudio, y los feldespatos, predominado el gneis de cuarzo feldespático. De tal manera, esta clasificación en saturación de alúmina, está basada en la existencia o no del aluminio para hacer aparecer los feldespatos. Por lo tanto, tres (3) condiciones o criterios pueden existir tal como se muestra en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Criterios de clasificación por saturación de alúmina

<b>Criterio 1</b>	$AL_2 O_3 < Na_2O + K_2O$	Peralcalina
<b>Criterio 2</b>	$AL_2 O_3 > Na_2O + K_2O + CaO$	Peralumínica o Peraluminosa
<b>Criterio 3</b>	$AL_2 O_3 > Na_2O + K_2O$ , pero $AL_2 O_3 < Na_2O + K_2O + CaO$	Metaluminosa

Las muestras analizadas cumplen con el criterio 2 de clasificación por saturación en alúmina, el cual establece que  $Al_2O_3 > Na_2O + K_2O + CaO$  revelando que estas rocas entran dentro de la clasificación Peralumínica o Peraluminosa, por cuanto, poseen una alta concentración de silicio y aluminio, debido que las rocas contienen minerales saturados tales como feldespato.

#### 5.4.1 Diagrama de Wilson

Mediante el diagrama de (Wilson, M. 1989), se determinó por medio del porcentaje de  $Na_2O + K_2O$  con respecto al  $SiO_2$ , que la muestra M1, M2, M3, M4 y M5 se originaron de un granito mientras que M6, M7 y M8 se originaron de una granodiorita (Figura 5.13).

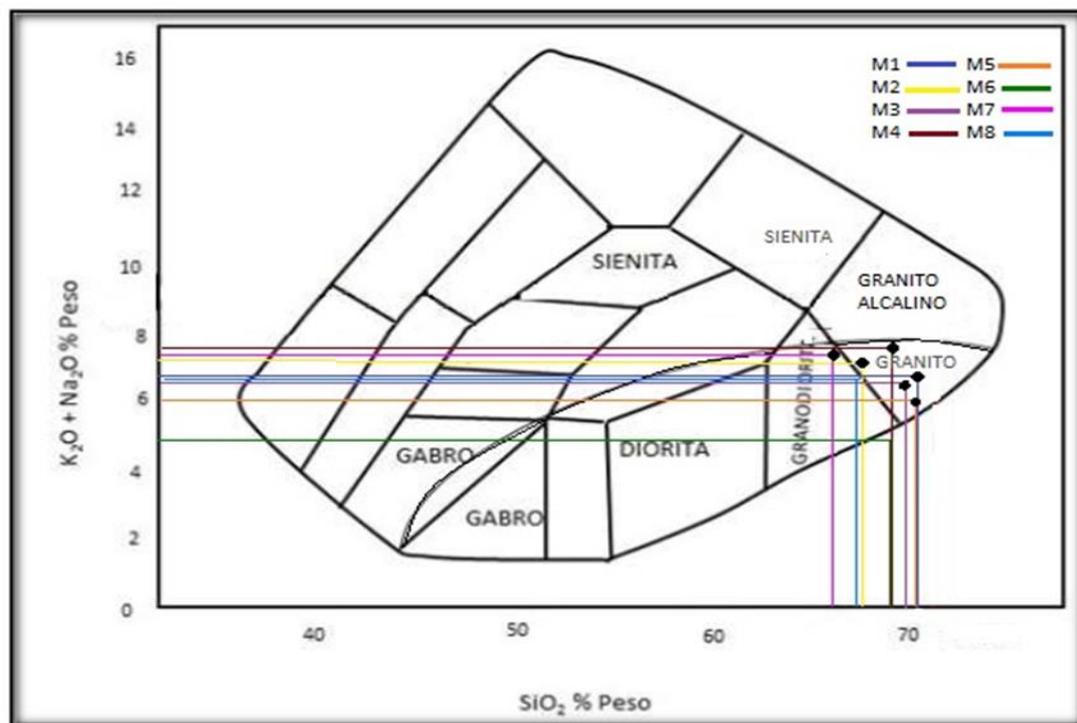


Figura 5.13 Ubicación de las muestras en el Diagrama (Total de alcalinos Vs. Sílice) de Cox, *et al.* (1979) adaptado por Wilson (1989) para rocas plutónicas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Litológicamente la zona de estudio está constituida por rocas metamórficas de origen ígneo, que se encuentran en las adyacencias de la faja de Ciudad Bolívar, pertenecientes al Complejo de Imataca, específicamente se ubican gneises graníticos, granulitas félsicas, granulitas máficas y charnockitas, todas pertenecientes al Precámbrico y los suprayacen los sedimentos de la Formación Mesa del Cuaternario.

2. Referente a las estructuras aflorantes de la zona de estudio se observaron, cinco (5) diaclasas, dos (2) fallas y dos (2) foliaciones. Al Norte se encuentran un conjunto de diaclasas verticales con rumbo N 15° E y buzamiento 40° NO, diaclasas verticales con rumbo N 40° W y buzamiento de 17° NO, hacia el Este de igual manera se observaron diaclasas verticales de rumbo N56° W y buzamiento 35° NO. De igual forma, al Noroeste de la zona estudiada, donde se concentran los bloques y fragmentos de roca más extensos, se observa un sistema de cuatro (4) diaclasas ortogonales, con rumbo S 20° W y buzamiento de 56° SE, con separación entre ellas por una distancia que varía de 40° cm a 60° cm.

3. Otras de las estructuras presentes son, las fallas de rumbo, aunque en menor proporción se apreciaron al Noroeste del área de estudio en rocas expuestas de dimensiones que varían de 70 a 90 cm, se encuentra una falla de rumbo con desplazamiento sinistral con dirección N 65° W y ángulo de buzamiento 25° NE. Mientras que al sureste se observa una falla de rumbo, con desplazamiento sinistral, con dirección N 60° E y ángulo de buzamiento de 7° NO, respectivamente.

4. Las foliaciones fueron otra de las estructuras geológicas que se encuentran en gran parte de la zona estudiada, específicamente al Suroeste, se encuentra un sistema de foliación de rumbo S 23° E, con buzamiento de 1° NE de igual manera, más al sureste, se observa foliación en las rocas, con dirección de S 80° E y buzamiento de 3° NO. Además, rumbo N 18° E y buzamiento 4° NO, respectivamente.

5. La geomorfología de la zona de estudio presenta un relieve de colinas de perfil convexo, muy rebajados debido a la actividad de los procesos erosivos que los han afectado.

6. Los análisis químicos realizados a las muestras arrojaron como resultado que las ocho (8) muestras presentan un porcentaje de alúmina con un rango variable de 14% y 16%, y las cantidades de sílice va disminuyendo a medida en el que se tomaron hacia el Este de la zona de estudio. De igual forma, conforme al diagrama de Wilson efectuado a las muestras provienen de un protolito de una roca granito.

### **Recomendaciones**

1. A la Universidad de Oriente o instituciones privadas, realizar estudios geomecánicos de las rocas con la finalidad, de conocer las propiedades geotécnicas de la roca presentes en la zona objeto de estudio.

2. A la Universidad de Oriente o Instituto Autónomo Minas Bolívar, actualizar la información cartográfica y geológica de las zonas adyacentes al afloramiento en estudio, con el objeto de realizar de un mapa de riesgo geológico debido a su cercanía al río Orinoco y a la vialidad del Puente Angostura.

3. Al personal docente y administrativo, dotar a la biblioteca de la Universidad

de Oriente Núcleo Bolívar del material cartográfico actualizado del Complejo Geológico de Imataca.

## REFERENCIAS

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACION INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Caracas, Venezuela, P 146.

Ascanio, G (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DE CERRO BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**, Venezuela X Conf, Geol, Inter Guayanas, (Belem, do Pará).

Betancourt, O. (2003), **PLAN DE EXPLOTACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE ARENA LAVADA EN QUEBRADA LOS BÁEZ, SECCIÓN ADYACENTE A BIENHECHURÍAS DE MARÍA FLORES**, inédito, Ciudad Bolívar, pp. 5-80.

Bezada, M. (1987) en **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS PETROLERAS DE VENEZUELA**. 3era Edicion [<http://www.pdvsa.com/léxico>]

Cabrera, E., y Cabrera, K., (2010). **EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA DE LOS MATERIALES NO METÁLICOS, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN, PRESENTES EN EL FUNDO JUANA ROSA. MUNICIPIO INDEPENDENCIA, PARROQUIA SOLEDAD, ESTADO ANZOÁTEGUL**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 13.

Carl O. Dunbar, John Rodgers (1957) **PRINCIPIOS DE ESTRATIGRAFÍA**. Editorial J. Willey, N.Y.

Castro, A. (2015). **PETROGRAFÍA DE ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS**. Ediciones Paraninfo. Madrid – España.

Cedeño, M. y Salazar, G., (2017) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CERRO ANGOSTURA NORTE, UBICADO EN DIRECCIÓN NW DEL PEAJE NORTE DEL PUENTE ANGOSTURA, VÍA CIUDAD BOLÍVAR – SOLEDAD, MUNICIPIO INDEPENDENCIA DEL ESTADO ANZOÁTEGUL**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp. 59

**CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS PETROLERAS DE VENEZUELA (CECPV)**, (2011). Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA). Disponible en línea: <http://www.pdv.com/lexico>

Coplanarh, M. (1974) en **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS PETROLERAS DE VENEZUELA**. 3era Edición [<http://www.pdvsa.com/léxico>].

Corporación Venezolana de Guayana - Técnica Minera, C. A. (C.V.G. TECMIN C.A.) (1989) **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA. HOJAS NC-20-14, NB-20-2, MAPAS 1:500.000. TOMO I, II y III**. Ciudad Bolívar, Venezuela

Dunbar, C. y Rodgers, J. (1957). **PRINCIPLES OF STRATIGRAPHY**. Editors John Wiley & Sons.

Griem, Wolfgang (2015). **TEXTURAS DE ROCAS METAMÓRFICAS**. Consultado: 11 de Abril de 2017. [<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap06b.htm#texturalepidoblastica>]

Google Maps (2017). **VIALIDAD TERRESTRE HACIA LA ZONA DE ESTUDIO**. Consultado: 11 de Abril de 2017. [<http://www.googlemaps.com>]

Google Maps (2017). **VIALIDAD FLUVIAL HACIA LA ZONA DE ESTUDIO**. Consultado: 11 de Abril de 2017. [<http://www.googlemaps.com>]

González de Juana, C. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Ediciones Foninves. Tomo 1. Caracas, pp 33-38.

González de Juana, C. Iturralde de Arozena, J.M. y Picard Cadillat, X. (1980), **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**, tomo I y II, ed. facsimilar 1.993, Caracas: Ed. Foninves.

Hernández, S Fernández, C. y Baptista, P. (2006). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. México: Mc Graw Hill. Quinta Edición.

Hutton, J. (1795). **THEORY OF THE EARTH WITH PROOFS AND ILLUS-TRATIONS**. William Creek Edit, Edimburgo.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2007). **INFORME GEOAMBIENTAL DEL ESTADO ANZOÁTEGUI 2007**. Caracas – Venezuela. pp. 88.

Mata, R. (2009) **CARACTERIZACIÓN GEOLOGICO AMBIENTAL CON FINES DE CONSERVACIÓN DEL RÍO MOQUETE, MUNICIPIO MIRANDA, ESTADO ANZOATEGUI**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp. 65

Méndez, J. (2006) **PETROLOGÍA AMBIENTES SEDIMENTARIOS PDVSA INTEVEP FACULTAD CIENCIAS U.C.V.** Caracas- Venezuela, 1 era edición.

Menéndez, A. (1965, 1968, 1972, 1994) en **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS PETROLERAS DE VENEZUELA**. 3era Edición. [<http://www.pdvsa.com/léxico>].

Mendoza, V. (2005) **ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE**. Ciudad Bolívar. Venezuela.

Mendoza, V. (2012) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA**. 2da Edición, Gran Colombia Gold Corp., Bogotá, Colombia, P 310.

Parella, S., y Martins, F., (2017). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA**. 4ta edición. FEDUPEL. Caracas – Venezuela.

Pettay, A. (2007) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AFLORAMIENTO ROCOSO CON FINES ORNAMENTALES, DEL CERRO EL RUBÍ UBICADO EN EL FUNDO EL RUBÍ MUNICIPIO HERES EDO. BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 8

PDVSA-Intevep (1.999-2.001). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**, versión electrónica en CD

Schubert, C. (1987) **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS PETROLERAS DE VENEZUELA**. 3era Edición [<http://www.pdvsa.com/léxico>].

SCHULUMBERGER (1997). **EVALUACIÓN DE POZOS (WEC)”**  
**CAPITULO I. CUENCAS PETROLÍFERAS.** Versión Multimedia (CD).

Turner, F. J. y Vorhoogen, J. (1975). **PETROLOGÍA ÍGNEA Y**  
**METAMÓRFICA.** Trad. Ed. EUA, Omega.

Urriola, P. (1970) en **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS**  
**PETROLERAS DE VENEZUELA.** 3era Edición [<http://www.pdvsa.com/léxico>]

Wilson, M. (1989). **IGNEOUS PETROGENESIS.** Unwin Hyman, London,  
146 p.

Zinck, A. (1970) en **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE LAS CUENCAS**  
**PETROLERAS DE VENEZUELA.** 3era Edición [<http://www.pdvsa.com/léxico>]

## **ANEXOS**

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

<b>Título</b>	<b>"CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN LAS ADYACENCIAS AL ESTE DEL PEAJE NORTE, DEL PUENTE ANGOSTURA, SOLEDAD".</b>
<b>Subtítulo</b>	

## Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Farreras M, Enrique Omar</b>	<b>CVLAC</b>	<b>19.474.554</b>
	<b>e-mail</b>	<b>enriqofm@gmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

## Palabras o frases claves:

Caracterización
Discordancia
Muestras
Fallas
Afloramiento

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

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencia de la Tierra	Ingeniería Geológica

## Resumen (abstract):

---

En el Estado Anzoátegui, cerca del peaje norte del Puente Angostura, se encuentra un afloramiento rocoso perteneciente a la Provincia Geológica de Imataca. A éste se le realizaron estudios mediante observación en campo, toma de muestras, levantamiento geológico de superficie, análisis macroscópicos de muestras, análisis químicos y se le realizaron mapas geológico y topográfico de la zona. Con los resultados obtenidos de ocho (08) muestras seleccionadas, el afloramiento litológicamente pertenece a una roca metamórfica las cuales son dos tipos, granulitas máficas y granulitas félsicas. Con los resultados de los diagramas de Wilson y criterios de clasificación por saturación en alúmina, se determinaron las rocas protolito de las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8 en las cuales las rocas protolito de la M7 y M8 mostraron una tendencia subcalina con un protolito identificado como granodiorita, para el resto fueron identificados como granítica. Por criterios de clasificación por saturación en alúmina las muestras M1, M2 y M3 cumplen con el 2do criterio clasificando la formación como peraluminosa. Presenta una geomorfología de relieve de Colina y se encontraron estructuras geológicas como fallas y diaclasas entre otras.

---

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

## Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Ramírez, Henry	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
González, José Simón	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Zerpa, Wilmer	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

## Fecha de discusión y aprobación:

**Año      Mes      Día**

<b>2019</b>		
-------------	--	--

**Lenguaje** Spa

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

## Archivo(s):

Nombre de archivo
<b>TESIS DE GRADO ENRIQUE FARRERAS.docx</b>
<b>TESIS DE GRADO ENRIQUE FARRERAS.pdf</b>

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:

Ingeniero Geólogo

## Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

## Área de Estudio:

Departamento de Ingeniería Geológica

## 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

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR Martínez  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

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 – 5/5

**Artículo 41 del REGLAMENRO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009):** “Los trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario respectivo, para su autorización.”

**AUTOR**

---

**Enrique Farreras**

**TUTOR**

---

**Henry Ramírez**