

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



**ESTUDIO GEOLÓGICO DEL RÍO LOS MAJOMOS Y DEL
SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL KILOMETRO 48 Y 49 DE
LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR - PUERTO ORDAZ,
ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES MARCOS A.
RENDÓN A. Y RENNY J.
RIOBUENO T. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÒLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2013

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **ESTUDIO GEOLÓGICO DEL RIO LOS MAJOMOS Y DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL KILOMETRO 48 Y 49 DE LA AUTOPISTA CIUDAD BOLIVAR – PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR**, presentado por los bachilleres **RENDÓN AVENDAÑO MARCOS ANTONIO Y RIOBUENO TRULLILLO RENNY JESÚS**, como requisito para optar al título de **GEÓLOGO** ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Firma:

Jacques Edlibi

(Asesor)

Marcano Iris

(Jurado)

Francisco Monteverde

(Jurado)

Prof. Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de Geología

Prof. Yockling Lima
Director de Escuela

En Ciudad Bolívar, a los 25 días del mes de Junio de 2013

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme las fuerzas para obtener este logro y dejarme estar en este mundo un tiempo más. A mi madre Esperanza de Rendón por traerme a este mundo y siempre estar ahí apoyándome en la buenas y malas, y por darme siempre buenos consejos para poder lograr este objetivo. A mis hermanas María, Marilú, y Yelitza por estar ahí siempre apoyándome en todo tanto en lo económico como en lo afectivo, gracias por creer en mí. Así como también a mi hermano Edgar por brindarme su apoyo en las buenas y malas. A mi abuela Victoria Avendaño y a todos mis tíos, tías, primos y demás familiares por creer en mí.

También dedico este trabajo a la memoria de mi padre Tomas Rendón, que aunque no estuvo presente en físico sé que este donde este está orgulloso de mi, a mis primos caídos Carlos Eduardo Castillo, mi hermano siempre te voy a recordar todo el tiempo éramos nosotros dos. A Carlos Gabriel Sotillo Luna por siempre darnos darme sus buenos consejos y a mi sobrino Edgar José Rendón Ojeda sé que ibas a ser un gran profesional, esto va dedicado a todos ustedes con todo mi cariño estén donde estén.

Marcos Rendón

DEDICATORIA

Primeramente a Dios padre Celestial, que ha sido siempre mi guía mi sustentador por proveerme salud, fuerzas, capacidad, constancia e ideas antes durante y después del desarrollo de este trabajo. Gracias mi Dios.

A mi madre María licenia Trujillo por formar parte y alimentar la iniciativa de un sueño que hoy en Día es hecho realidad, por su apoyo incondicional e inmensurable en la persistencia, consistencia y consolidación de mi carrera. Gracias madre.

A mi padre Henry Riobueno por su Disponibilidad, colaboración, orientación, ayuda, y transmisión de sabios consejos de mansedumbre, el Valor de la paciencia, la tranquilidad, la armonía y fuerza espiritual. Gracias padre.

A toda Mi familia, en especial a mi Tía Maigualida y a mi abuelo Roberto por su incomparable amor y cariño expresados y palpado desde los días de mi nacimiento a ellos un singular y especial reconocimiento en esta meta obtenida.

Renny Riobueno

AGRADECIMIENTOS

Agradecido primeramente con Dios por permitirme estar un tiempito más en este mundo y por darme fuerza y voluntad para seguir adelante a pesar de todos los obstáculos que se me presentaron. A toda mi familia por estar siempre ahí apoyándome en la buenas y malas tanto en lo afectivo como en lo económico. Así como también a la Universidad de Oriente y a todos sus profesores por los conocimientos adquiridos y por las experiencias vividas.

A mi tutor, el profesor Ing. Jacques Edlibi por toda la colaboración prestada y por su buena asesoría durante la realización de este trabajo de grado. A mi hermano y amigo Elvis España por siempre prestarme su apoyo en las buenas y malas durante el trayecto de esta carrera, así como también a mis compadres Aníbal Ledezma, Cesar Manrique, Luis Almeida y Harold Amarista y a todos mis compañeros de estudio por brindarme su amistad durante todo este tiempo.

A todos gracias.

Marcos Rendón

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la universidad de Oriente por la instrucción recibida, a sus profesores y en especial al gremio que forjan profesionales de la Geología.

Al INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO del Estado Bolívar (INGEOMIN) en Especial la Geólogo Yuraidy Bracon por su colaboraciones brindadas.

Profesor Ing. Jacques Edlibi por su cooperación, orientación y asesoría en este trabajo.

Demás amigos y compañeros que de alguna u otra manera aportaron su grano de arena para que fuese posible. A todos ellos Muchas Gracias que mi Dios le pague por que yo no tengo.

Renny Riobueno

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, Estado Bolívar, específicamente a la altura del kilómetro 48 y 49, con la finalidad de realizar un estudio geológico a través de una exploración del área. Para ello se planteó una metodología en cuatro etapas, tales como Etapa 1; consistió en la recopilación de información bibliográfica y cartográfica con el fin de obtener información acerca del área de estudio y planificación del trabajo de campo. Etapa 2; reconocimiento y delimitación del área de estudio con GPS, levantamiento geológico el cual consistió en la toma de tres (3) muestras de rocas y cinco (5) muestras de sedimentos del río Los Majomos, lo que permitió determinar tres unidades geológicas en la zona, que de mayor a menor edad son: Complejo Geológico de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos Recientes así como también el levantamiento del drenaje con GPS, además de la toma de fotos de la vegetación y la geomorfología. Etapa 3; se refiere a los análisis granulométricos, morfológicos y mineralógicos de cinco (5) muestras de sedimentos, los dos (2) primeros se llevaron a cabo en el laboratorio de sedimentología de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar y el tercero se llevó a cabo en el Instituto Geológico Minero (INGEOMIN) así como también el análisis macroscópico de tres (3) muestras de rocas. Por último, la Etapa 4; en esta se realizó el análisis e interpretación de la información obtenida en campo y de laboratorio y se digitalizó el mapa geológico. El Complejo Geológico de Imataca está representado por Charnockitas y Granulitas de edad Precámbrica; mientras que la Formación Mesa de Edad Pleistoceno está compuesta principalmente por arenas y en menor cantidad gravas cuya granulometría decrece de base a tope, con un color que varía de amarillento a rojizo, y los sedimentos recientes de edad Holoceno que se presentan en los márgenes, fondo y las adyacencias del río Los Majomos, producto principalmente de la erosión de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales tienen una granulometría de arenas de grano grueso (40,49%) a medio (39,79%) que se clasifican con buen escogimiento, lo que se correlaciona con una circulación moderada de las aguas del río; además las formas predominantes de las partículas tamaño arena son subangulosa (43,60%) y subredondeada (45,85 %), lo que indica que las arenas provienen de lugares cercanos, como de la Formación Mesa. Así mismo los sedimentos están compuestos principalmente por Cuarzo (83,60%) y en menor cantidad porcentual Ilmenita (4,40%), Anfíbol, Feldespato, Rutilo, Biotita, Granate, Limonita, lo que indica que los sedimentos provienen tanto de la Formación Mesa como de la Provincia Geológica de Imataca.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
LISTA DE ANEXOS	xv
CAPÍTULO I.....	2
SITUACION A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance	3
1.5 Limitaciones de la investigación.....	3
CAPITULO II	5
GENERALIDADES	5
2.1 Ubicación geográfica del área	5
2.2 Accesibilidad	6
2.3 Características físicas y naturales de la zona de estudio	6
2.3.1 Clima.....	6
2.3.1.1 Precipitación.....	7
2.3.1.2 Evaporación.....	8
2.3.1.3 Temperatura	8
2.3.1.4 Insolación.....	9
2.3.2 Suelo.....	10
2.3.3 Fauna.....	10
2.3.4 Vegetación	11
2.3.5 Hidrografía.....	12
2.3.6 Geomorfología	13
2.4 Geología regional	14
2.5 Geología local.....	15
2.5.1 Provincia Geológica de Imataca	15
2.5.2 Formación Mesa.....	18

2.5.3 Sedimentos Recientes	19
CAPITULO III	6
MARCO TEORICO	6
3.1 Antecedentes de la investigación.....	6
3.2 Bases teóricas	6
3.2.1 Meteorización.....	6
3.2.2 Erosión	22
3.2.3 Transporte	22
3.2.3.1 Solución.....	23
3.2.3.2 Flotación.....	23
3.2.3.3 Suspensión.....	23
3.2.3.4 Saltación.....	23
3.2.3.5 Rodadura	23
3.2.3.6 Reptación.....	24
3.2.3.7 Carga de fondo	24
3.2.4 Sedimentación.....	24
3.2.5 Sedimentos	24
3.2.6 Trabajo de las corrientes en medios fluviales	25
3.2.7 Tipos de régimen y circulación de corrientes	25
3.2.7.1 Flujo laminar	25
3.2.7.2 Flujo turbulento	26
3.2.8 Morfología de los ríos	26
3.2.8.1 Canales rectilíneos.....	26
3.2.8.2 Canales entrelazados	26
3.2.8.3 Canales Meandriiformes.....	27
3.2.9 Características de los depósitos fluviales.....	27
3.2.9.1 Depósitos de barras de meandros	27
3.2.9.2 Depósitos de corrientes entrelazadas.....	28
3.2.10 Ambiente Continental	28
3.2.11 Ambiente Fluvial	28
3.2.12 Ambiente Sedimentario	28
3.2.13 Granulometría	29
3.2.14 Análisis granulométricos	29
3.2.15 Escala de Wentworth (escala granulométrica).....	30
3.2.16 Variables calculadas a través de análisis granulométrico	32
3.2.16.1 Diámetro medio (Md).....	32
3.2.16.2 Coeficiente de escogimiento (So)	32
3.2.16.3 Coeficiente de sesgo o simetría (SK)	33
3.2.16.4 Modalidad.....	33
3.2.16.5 Curtosis o Agudez del Pico (K).....	34
3.2.16.6 Coeficiente de uniformidad (U)	34
3.2.17 Propiedades de los clastos.....	35
3.2.17.1 Tamaño de los clastos	35

3.2.17.2 Forma de los clastos	36
3.2.18 Grado de redondez de la partícula.....	37
3.2.18.1 Anguloso (0-0,15)	37
3.2.18.2 Sub-anguloso (0,15-0,25).....	38
3.2.18.3 Sub- redondeado (0,25-0,40).....	38
3.2.18.4 Redondeado (0,40-0,60).....	38
3.2.18.5 Bien o muy redondeado (0,60-1,00).....	38
CAPITULO IV	39
METODOLOGIA DE TRABAJO	39
4.1 Tipo de investigación	39
4.2 Diseño de la investigación.....	40
4.3 Población de la investigación	41
4.4 Muestra de la investigación	42
4.5 Etapas para el desarrollo del proyecto	42
4.5.1 Etapa I	42
4.5.1.1 Selección del área de estudio	42
4.5.1.2 Recopilación de la información.....	43
4.5.1.3 Planificación del trabajo de campo	43
4.5.2 Etapa II	43
4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio	43
4.5.2.2 Delimitación del área de estudio	44
4.5.2.3 Levantamiento geológico	44
4.5.2.4 Levantamiento del drenaje	46
4.5.3 Etapa III.....	47
4.5.3.1 Análisis granulométrico de los sedimentos del rio.....	47
4.5.3.2 Análisis de las características morfológicas de los sedimentos del rio.....	48
4.5.3.3 Análisis mineralógico de los sedimentos del rio	48
4.5.3.4 Análisis macroscópico de las muestras de roca	48
4.5.4 Etapa IV	49
4.5.4.1 Digitalización del mapa geológico con el drenaje, la vialidad y la toponimia.....	49
4.5.4.2 Análisis e interpretación de los resultados	49
4.5.4.3 Conclusiones y recomendaciones.....	49
CAPITULO V	50
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	50
5.1 Descripción de las unidades Geológicas del área de estudio mediante la observación de campo.	50
5.1.1 Complejo de imataca.....	50
5.1.1.1 Análisis de la Muestra MR ₁	51
5.1.1.2 Análisis de la Muestra MR ₂	52
5.1.1.3 Análisis de la Muestra MR ₃	52
5.1.2 Formación Mesa.....	52
5.1.3 Sedimentos Recientes	53

5.2 Análisis de la granulometría de los sedimentos del río Los Majomos, y clasificarlos utilizando la escala de Wentworth.	53
5.3 Análisis Morfológico de los Sedimentos del río los Majomos.....	55
5.4 Análisis de la composición Mineral de los Sedimentos	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
Conclusiones.....	58
Recomendaciones	60
REFERENCIAS	61
APÉNDICES	64
ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del área de estudio (Modificado de Encarta 2009 y Google Earth).....	5
2.2 Variación de la precipitación anual (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).	7
2.3 Variación de la evaporación mensual (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).	8
2.4 Variación mensual de la temperatura (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).	9
2.5 Variación mensual de insolación (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).	10
2.6 Vegetación Típica del área de estudio.....	11
2.7 Acumulación de Sedimentos en la parte cóncava del río.....	12
2.8 Geomorfología típica de la Zona.....	13
2.9 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1.995 en Mendoza, 2.003).	15
2.10 Complejo Geológico de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar (Simplificado de Ascanio, 1.975 en Mendoza, 2005).	17
3.1 Determinación de la Redondez y Esfericidad de las partículas de los Sedimentos (Powers, 1953 en Estratigrafía de Corrales et al, 1977).	37
4.1 Flujoograma de la metodología de investigación.....	41
4.2 Reconocimiento del Área de Estudio.	44
4.3 Toma de Muestras: a) muestra de rocas, b) muestra de sedimentos.	45
4.4 Medición del Cauce del río con cinta métrica.	46
4.5 Análisis Granulométrico por Tamizado.	47
5.1 Presencia de Xenolitos en el afloramiento con forma cóncava.	51
5.2 Contacto discordante entre la Formación Mesa y rocas del Complejo Geológico Imataca.....	53
5.3 Histograma del resumen de las arenas procedentes de los sedimentos del río Los Majomos.....	54
5.4 Histograma del resumen promedio del grado de redondez de los sedimentos del río Los Majomos	56
5.5 Resumen promedio del análisis mineralógico.....	57

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas UTM del área de estudio	6
3.1 Escala de Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificada por Pettijohn, F.J. 1970).....	31
4.1 Coordenadas UTM de Puntos de Muestreo de sedimentos del rio Los Majomos.....	45
4.2 Coordenadas UTM de puntos de muestreo de roca.....	45
5.1 Resultado de los análisis granulométricos de los sedimentos del rio Los Majomos.	54
5.2 Grado de redondez de las partículas sedimentarias que conforman los sedimentos del Rio los Majomos.	55
5.3 Resultados promedio del análisis mineralógico de las muestras de sedimentos del rio los Majomos.....	57

LISTA DE APÉNDICES

A CURVAS GRANULOMÉTRICAS	65
A.1 curva granulométrica de la muestra M1	66
A.2 curva granulométrica de la muestra M2	67
A.3 curva granulométrica de la muestra M3	68
A.4 curva granulométrica de la muestra M4	69
A.5 curva granulométrica de la muestra M5	70
B ANÁLISIS MORFOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS TOMADAS DEL RIO LOS MAJOMOS	71
B.1 Análisis morfológico de las muestras tomadas del río Los Majomos	72
C ANÁLISIS MINERALÓGICO DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS TOMADAS DEL RIO LOS MAJOMOS	73
C.1 Análisis mineralógico, muestra M1	74
C.2 Análisis mineralógico, muestra M2	75
C.3 Análisis mineralógico, muestra M3	76
C.4 Análisis mineralógico, muestra M4	77
C.5 Análisis mineralógico, muestra M5	78

LISTA DE ANEXOS

- 1 MAPA GEOLÓGICO Y DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL SECTOR LOS MAJOMOS.

.

INTRODUCCIÓN

Geológicamente la Guayana Venezolana se caracteriza por una diversidad de rocas ígneas y metamórficas que según sus edades datan de un origen precámbrico. Además de rocas sedimentarias que corresponden a una edad Plio-Pleistoceno. Hidrográficamente se encuentra surcada por la circulación de una serie de corrientes de aguas superficiales las cuales actúan como agentes erosivos meteorizando y desgastando las rocas. El material removido es incorporado y transportado por las aguas de los ríos para su posterior sedimentación y, a través de los sedimentos de los ríos podemos conocer los niveles de energía de los mismos, este proceso repetidamente ha modelado la geomorfología produciendo varios tipos de relieve. En función de lo anteriormente expuesto se realizó el presente estudio el cual se basa en una caracterización geológica de superficie donde se mostraran aspectos importantes y relevantes vinculados directamente a la geología de Guayana.

El trabajo está estructurado en 5 capítulos que se desglosan a continuación, el capítulo I está basado en las definiciones de los objetivos de la investigación, el capítulo II está relacionado con las generalidades del área de estudio, en el capítulo III se definirán las bases teóricas del mismo, en el capítulo IV se describe la metodología y pasos para realizar la investigación, en el capítulo V se explica de manera detallada los análisis de resultados que se obtendrán del estudio de las muestras, de esta manera realizando las investigaciones y cumpliendo con los requisitos anteriores se estarán dando conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACION A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Este trabajo de investigación trata de un área ubicada entre el kilómetro 48 y 49 de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, en la cual se encuentran sedimentos pertenecientes a la Formación Mesa descansando de manera discordante sobre rocas, que por sus características físicas, posiblemente pertenecen a la Provincia Geológica de Imataca (PGI); así como también en la parte Sur y Este del área corren las aguas del río Los Majomos, que a lo largo de su cauce existe la presencia de sedimentos debido a la erosión de la Formación Mesa y de rocas de la Provincia Geológica de Imataca. Además de observar en el afloramiento, de mayor tamaño, la presencia de incrustaciones de bloques extraños por ser de composición distinta. Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, se plantean los siguientes objetivos para la realización de esta investigación.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estudiar la geología del río Los Majomos y del sector comprendido entre el Kilómetro 48 y 49 de la autopista Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz. Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las unidades Geológicas del área de estudio mediante la observación de campo.

2. Analizar la granulometría de los sedimentos del río Los Majomos, y clasificarlos utilizando la escala de Wentworth.
3. Analizar las características morfológicas de los sedimentos del río Los Majomos.
4. Analizar la composición mineral de los sedimentos.

1.3 Justificación

Realizar el estudio geológico del río Los Majomos y del sector comprendido entre el kilómetro 48 y 49 de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz con la finalidad de contribuir con el inventario de la geología del Estado Bolívar.

1.4 Alcance

Con este trabajo de investigación se pretende determinar las unidades geológicas del sector, los niveles de energía del río Los Majomos a través de la granulometría de los sedimentos, el transporte que han sufrido, la procedencia de los sedimentos, así mismo como la elaboración de un mapa geológico del área.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Dificultad de acceso a algunos sitios del río para la toma de sedimentos, debido a la presencia de una vegetación boscosa.
2. Dificultad en el posicionamiento de algunos puntos de muestreo con GPS por la presencia de una vegetación abundante.

3. Dificultad en la toma de muestra de roca fresca en algunos afloramientos, debido al avance de la meteorización en los mismos.
4. La falta de equipos de perforación para la toma de muestras de roca.

CAPITULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El área de estudio se localiza al Norte del Estado Bolívar específicamente al Sur del río Orinoco, entre el kilómetro 48 y 49 de la autopista Ciudad Bolívar - Puerto Ordaz (Figura 2.1), cuyas coordenadas UTM se muestran en la tabla 2.1.

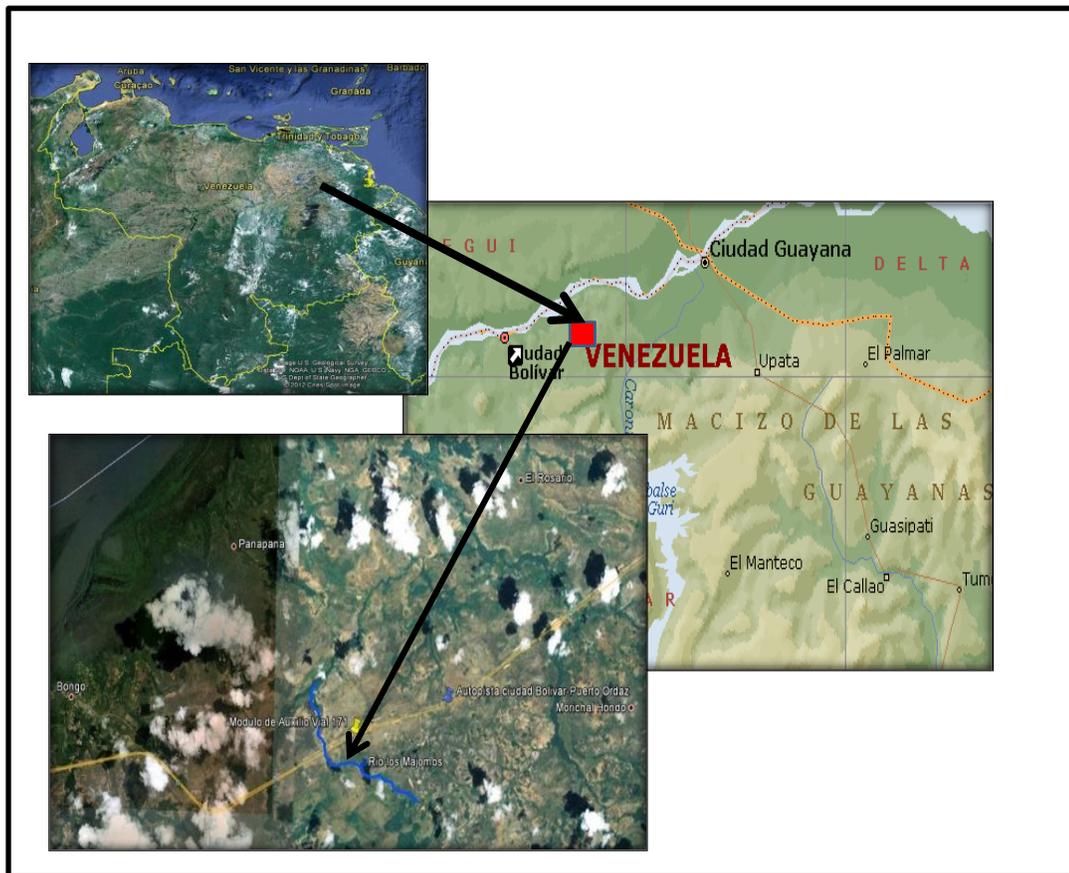


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio (Modificado de Encarta 2009 y Google Earth).

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del área de estudio

Coordenadas Norte	Coordenadas Este
908800	483100
908800	484100

2.2 Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se efectúa por vía terrestre, utilizando la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz específicamente a la altura del kilómetro 48 y 49.

El desplazamiento dentro del área se realizó a través de picas y caminos de tierra que dificultosamente permiten el acceso al río Los Majomos y a algunos afloramientos rocosos.

2.3 Características físicas y naturales de la zona de estudio

2.3.1 Clima

Para la caracterización del clima se utilizaron datos de las variables climatológicas registradas en el Servicio de Meteorología de la Fuerzas Armadas Venezolanas con destacamento en el aeropuerto de Ciudad Bolívar. El área de estudio presenta características de un clima tropical de tipo C1, es decir, presenta ciertos factores como precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, humedad relativa, insolación entre otros, que realizándose un estudio de comportamiento desde el año 1994 hasta el año 2007 arrojan las siguientes descripciones temporales para la caracterización climática de la zona.

2.3.1.1 Precipitación

Los promedios de precipitaciones se ubicaron para un total anual de 1219 mm aproximadamente, se presentan dos periodos: uno lluvioso que va desde Mayo hasta Noviembre, con Agosto el mes de mayor pluviosidad (270 mm); y otro de sequía que va desde Diciembre hasta Abril siendo los meses de Enero y Febrero los que registran la pluviosidad más baja del año (7 y 6 mm) respectivamente los meses de Mayo y Diciembre se comportan como transicionales entre los periodos de sequía y lluvia y viceversa respectivamente

La figura 2.2 muestra que el comportamiento del régimen pluviométrico es bimodal, es decir, que registra dos máximo de pluviosidad durante el año, el cual sucede en el mes de junio (250 mm) y agosto con (270) aunque los meses de julio (152 mm) y septiembre (68 mm) se registra una ligera variación en las lluvias.

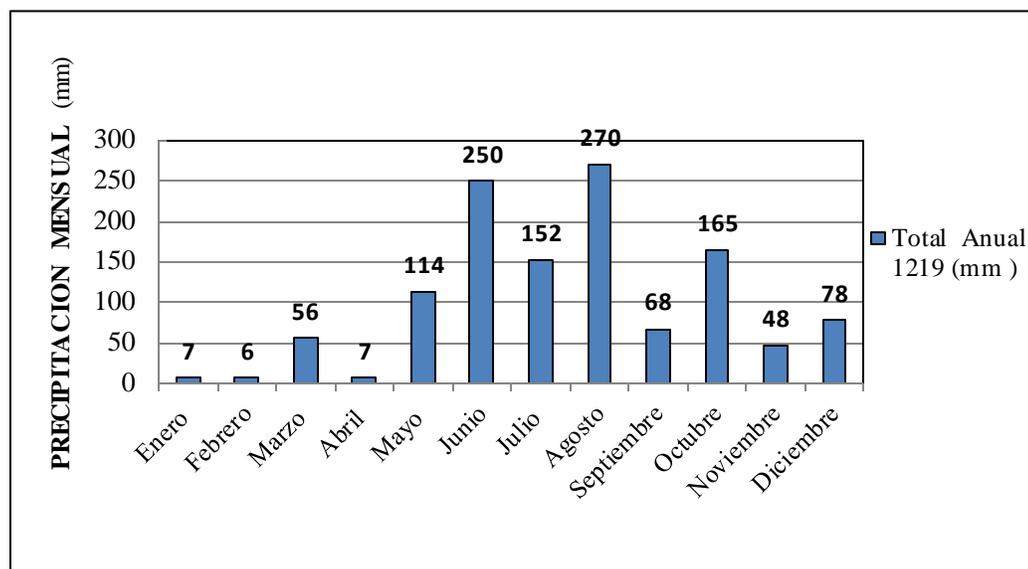


Figura 2.2 Variación de la precipitación anual (Servicio de Meteorología de las Fueras Armadas F.A.V, 2007).

2.3.1.2 Evaporación

Según esta variable la media anual de la misma se ubica en los 821 mm, siendo Febrero, Marzo y Abril los meses de mayor evaporación con máximos de 131, 184, 131 mm respectivamente, alcanzando sus mínimos desde Junio, siendo Junio y Julio los meses de menor evaporación con un 76 y 70 mm respectivamente los meses reflejados en cero (0) no hubo lectura, como se muestra en la figura 2.3

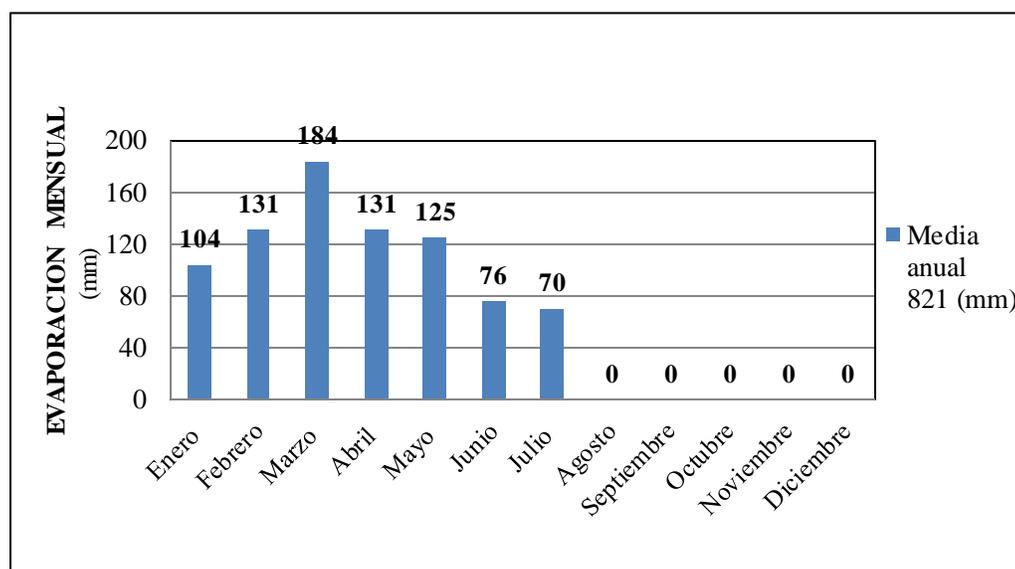


Figura 2.3 Variación de la evaporación mensual (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).

2.3.1.3 Temperatura

La temperatura media anual en el área de estudio se ubica en promedio entre los 27,7 – 28 °C siendo los meses de Abril y Mayo los de mayor temperatura y los de menor alcance Enero, Febrero, Junio, Julio y Agosto, así como se ejemplifica en la figura 2.4.

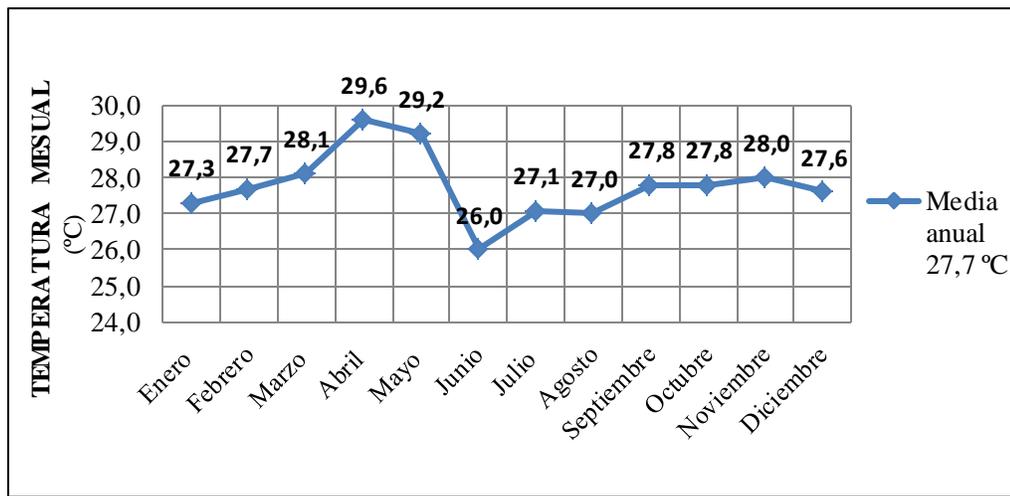


Figura 2.4 Variación mensual de la temperatura (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).

2.3.1.4 Insolación

La Insolación promedio anual es de 7,6 horas sol aproximadamente, alcanzándose la máxima media insolación en el mes de Febrero con un promedio de (9,8 horas de sol) y la mínima durante el mes de Junio (5,6 horas de sol) quedando los demás meses del año con periodos de variación entre (6,5 horas de sol) en Diciembre y (8,2 Horas de sol) en Enero, como se muestra en la figura 2.5.

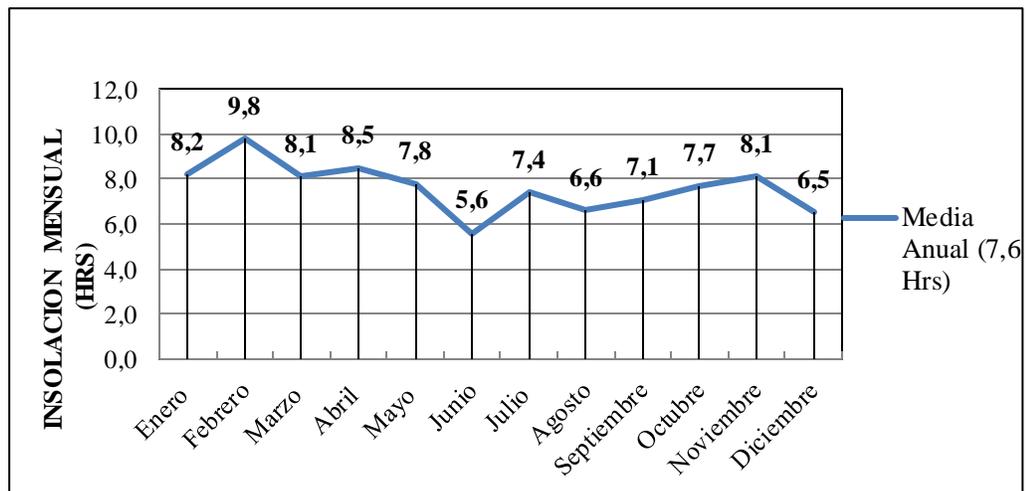


Figura 2.5 Variación mensual de insolación (Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas F.A.V, 2007).

2.3.2 Suelo

El tipo de suelo característico de la zona de estudio, es arenoso en superficie y arcilloso en profundidad, observándose entre lomas que conforman paisajes de planicies, dicho suelo se ha conformado producto de la desintegración, meteorización y erosión de las rocas constituyentes del basamento ígneo metamórfico y de la Formación Mesa en el área de estudio.

2.3.3 Fauna

La fauna silvestre en el área de estudio se encuentra bastante intervenida por la mano del hombre, es decir, es relevante, escasa y poco variada. Considerándose un tipo de hábitat esporádico., sin embargo esta zona desarrolla condiciones normales adecuadas para la adaptación al medio de unas especies. Según datos tomados de informantes locales y por observación directa en la zona de estudio: iguana, mato, sapo, zamuro, algarrobo.

2.3.4 Vegetación

La vegetación existente en el área de estudio está constituida por herbazales (sabana) gramínea arbustiva y otras de bosques de galería, relacionada a sedimentos de la Formación Mesa, entre las especie vegetales dominantes se encuentran: paja peluda, escobilla, chaparro, guayabita, alcornoque, entre otros. Las características particulares de vegetación de sabana también se observa en menor proporción, en zonas de afloramiento del Complejo de Imataca.

Finalmente en las zonas más bajas donde el nivel freático alcanza la superficie, a lo largo de las zonas húmedas, específicamente en las zonas de los ríos (aluvión) se encuentran otra cobertura vegetal que son las arborescencias de tipo selvático que se denomina bosque de galería y en esta se encuentra una asociación edáfica siempre verde creciendo a orillas del curso del agua, como se ejemplifica en la figura 2.6.



Figura 2.6 Vegetación Típica del área de estudio.

2.3.5 Hidrografía

Desde el punto de vista hidrográfico el área de estudio está conformada por una parte de la cuenca del río Los Majomos, la cual presenta un patrón de drenaje dendrítico, este en su mayoría está dominado por caños y otras confluencias de menor magnitud que contienen agua solamente en los meses de lluvia (Mayo-Agosto) y el resto de los meses del año escasamente secos. El tipo de depósito presente es aluvial ya que acumula sedimentos en las partes cóncavas del río. (Figura 2.7).



Figura 2.7 Acumulación de Sedimentos en la parte cóncava del río.

A menudo estas acumulaciones son de arena fina, media, gruesa, provenientes de la erosión de los afloramientos rocosos aguas arribas.

2.3.6 Geomorfología

El estudio del perfil geomorfológico de la zona se basó en la descripción de las formas de relieve típico del área, las mismas son el resultado del origen, evolución e interacción de los materiales terrestres y su dinámica interna, además de los procesos externos que actúan en el modelado de la superficie.

En el área de estudio se observan, básicamente dos tipos de relieves bien diferenciados; uno de lomeríos no estructurales (afloramientos Igneo-metamórfico), y otros de peniplanicies (Formación Mesa), así como también se presentan márgenes de suaves colinas y ligeras elevaciones no estructurales que alcanzan en algunas zonas los 100 m.s.n.m y algunas pendientes menos elevadas que alcanzan los 80 m.s.n.m, como se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8 Geomorfología típica de la Zona.

2.4 Geología regional

El Escudo de Guayana se localiza al sur del Río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo), que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo, con al menos ruptura de supercontinentes en 2.4-2.3 Ga (Guayanensis), 1.6-1.5 Ga (Atlántica-Caura), 0.8-0.7 Ga (Rodinia) y 0.2 Ga (Pangea) (Mendoza, V. 2005).

En particular, el Escudo de Guayana, se compone de cuatro provincias geológicas que son: Imataca (lugar donde se encuentra el área de estudio), Pastora, Cuchivero y Roraima, las cuales forman parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes precámbricos de Colombia y de Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hacen unos 0,2 Ga (Mendoza, V. 2005), (Figura 2.9)

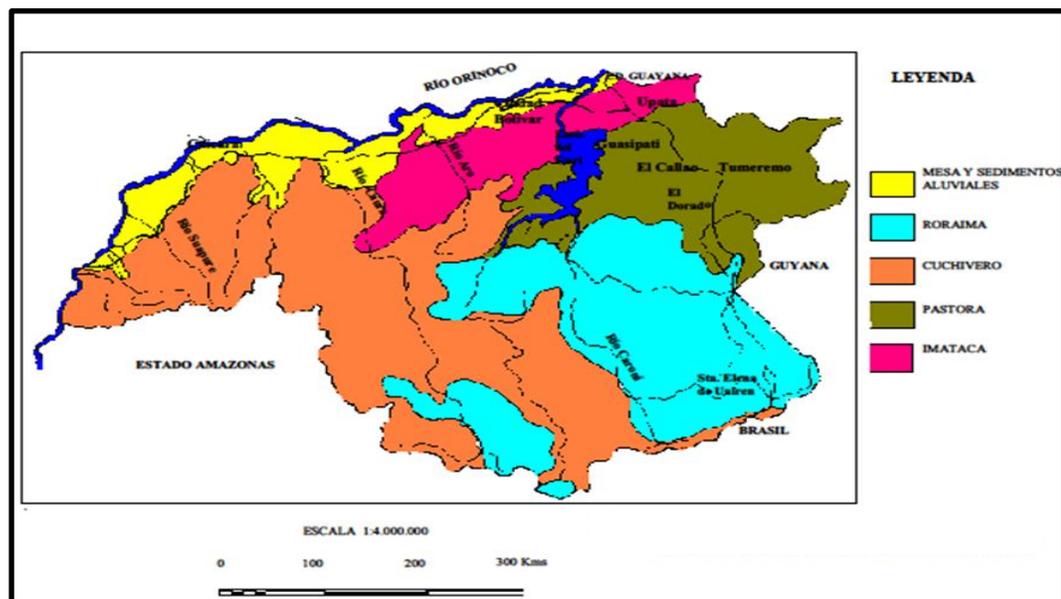


Figura 2.9 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1.995 en Mendoza, 2.003).

En la parte venezolana, el Escudo de Guayana comprende rocas arqueozoicas y proterozoicas de muy diversas litologías, alteradas en mayor o menor escala durante una serie de episodios geotectónicos mayores (González de Juana y otros, 1980).

2.5 Geología local

La geología local está compuesta por tres unidades geológicas, la cuales son: La Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.

2.5.1 Provincia Geológica de Imataca

La Provincia de Imataca se extiende en dirección SW – NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW-SE desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km

respectivamente. Algunas compañías petroleras que perforaron la Faja del Orinoco, al comienzo de los años 1980, encontraron rocas con alto grado metamórfico al norte del río Orinoco (Mendoza, V. 2005).

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises y granulitas félsicas (60% - 75%), anfibolitas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (15%-20%), migmatitas y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (B.I.F.), dolomitas, charnockitas, cuarcitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales menos metamorfizados y más jóvenes CRV – TTG gnéisicos. (Mendoza, V. op. cit.).

La provincia Geológica de Imataca se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas con rumbo este-noroeste (E-NW) (Mendoza, V. 2005).

El metamorfismo registrado en rocas de la Provincia Geológica de Imataca decrece desde la mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas, y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750°C- 850°C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbps, equivalentes a menos de 30 km de presión de roca) hacia la zona de Guri, con anfibolitas granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°C -700°C y presiones de 4 a 7 Kbps, menores de 20 Km de espesor de roca) (Mendoza, V. 2005).

Ascanio (1975) en Mendoza (2005), postulo que parte al menos del Complejo Geológico de Imataca está formado por siete fajas tectónicas que representan microcontinentes, que por deriva chocaron unos con otros con obducción y subducción quedando separados entre sí por grandes corrimientos. Las cuales denomino como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar (lugar donde se encuentra el área

de estudio), Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba y Laja Negra, como se muestra en la figura 2.10.

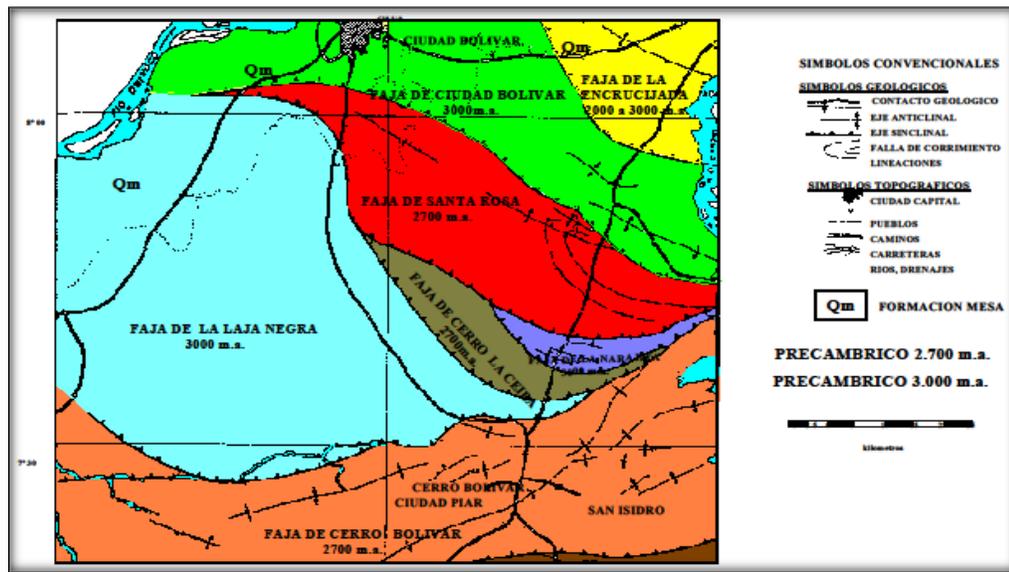


Figura 2.10 Complejo Geológico de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar (Simplificado de Ascanio, 1.975 en Mendoza, 2005).

La importancia de la Provincia Geológica de Imataca radica en que los únicos recursos minerales explotados hasta el presente son los depósitos de hierro de El Pao (tipo algoma) y de Cerro Bolívar-San Isidro (tipo dos carajas), manganeso en pocas cantidades, bauxita y caolines (producto de la meteorización y lixiviación de rocas graníticas) se desconoce la presencia de depósitos de níquel, cromo, cobre, platinoideos y Oro (Mendoza, V. 2005).

La Faja de Ciudad Bolívar está constituida por gneises cuarzo-feldespático de grano grueso, generalmente granatíferos, intercalados con esquistos y anfíbolita. Contiene formaciones de hierro de grano medio, entre los cuales el de mayor importancia es el Cerro María Luisa. Las estructuras presentan un rumbo general

N 60° W. al norte del Cerro María Luisa y hacia el sur de la Serranía, María Luisa presenta el desarrollo de gneises monzograníticos, sienograníticos y granodioríticos con textura de grano grueso, de color rosado dentro de los cuales se observa la presencia de restos de gneises anfibolíticos. De esto se deduce, que ocurrió un proceso de cuarzo feldespaticación que avanzó reemplazando las plagioclasas por microclina formando vetas de cuarzo en el contacto de los gneises con las anfibolitas (Mendoza, V. op. cit.).

2.5.2 Formación Mesa

Hedberg y Pyre (1944), introducen este término para señalar la formación que cubre las extensas Mesas fisiográficas características en la parte Oriental de la Cuenca de Venezuela Oriental de edad Plio-Pleistoceno. La Formación se encuentra acunándose en el Escudo de Guayana en una faja angosta paralela al río Orinoco, en la zona comprendida en los alrededores de Ciudad Bolívar entre el río Candelaria y el río Aro que se va haciendo más delgada y se encuentran espesores menores a 100 metros. Aunque no hay sección tipo específica, es posible encontrar secciones representativas en los cortes de cualquiera de las mesas de la región (González de Juana y otros, 1980).

En Ciudad Bolívar sus espesores son muy variables y los máximos alcanzados se encuentran en el Hipódromo donde alcanzan 120 metros según J.N: Perfetti (1978), citado en González de Juana (op. cit), parte de este espesor corresponde a sedimentos del reciente, lo cual ha sido detectado por métodos geofísicos (Gonzales de Juana y otros, 1980).

González de Juana (1946) indica que la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltática y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba

hacia el este en la misma forma que avanzaba hoy el delta del río Orinoco. La Formación Mesa grada lateralmente hacia el este de la Formación Paria

Esta formación queda representada por grandes depósitos del Plio-Pleistoceno sobre el peniplano ígneo-metamórfico del Escudo de Guayana, el cual forma los morichales de Ciudad Bolívar, la Mesa de La Sabanita, Las Piedritas y el banco de Sabana Alta, que topográficamente conforma las divisorias de agua entre los pequeños ríos que fluyen al sur (González de Juana y otros, 1980).

Generalmente la Formación Mesa está constituida por capas arenosas poco consolidadas interestratificadas con arcillas limo-arenosas abigarradas y moteadas, que a veces contienen areniscas ferruginosas (González de Juana y otros, 1980).

La formación se encuentra muy meteorizada y localmente desarrolla lateritas moteadas y caolinitas. La lixiviación y la presencia de diaclasas columnares hacen que la parte superior de la formación sea sumamente porosa (González de Juana y otros, 1980).

2.5.3 Sedimentos Recientes

Los sedimentos están formados por materiales provenientes de la meteorización y erosión de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales son transportados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos. (Gutiérrez y Pérez, 2001).

Los sedimentos recientes están constituidos por materiales aluviales, tales como materiales arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo de la energía del ambiente donde se depositaron, ocupan parte del fondo del canal y una franja

paralela a su curso en el río Orinoco. Estos sedimentos no forman tan solo los aluviones de río Orinoco, sino que se mezclan con los transportados por sus afluentes y aguas de escorrentía que descienden de las áreas altas producto de la erosión (Gutiérrez y Pérez, 2001).

Los materiales incluyen cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el Holoceno hasta el Reciente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable (Gutiérrez y Pérez, 2001).

La mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos recientes está constituida por 70% de cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios. Respecto a las características físicas se encuentran el peso específico de 2,67; el color; su módulo de firmeza de 2,4%; su textura media; la resistencia muy tenaz; su dureza de 7,1; no es reactiva (0%) y los granos son angulares (Betancourt, O. 1998).

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes de la investigación

El Instituto Nacional de Geología Y Minería (INGEOMIN), a través de un informe geológico correspondiente a la hoja de radar NC-20-14 y a la hoja cartográfica (7540) a escala 1:100.000, reporto que en el área de estudio las unidades geológicas de base a tope son rocas del Complejo de Imataca (Granulitas y Charnockitas), sedimentos de la Formación Mesa y Sedimentos Recientes Aluviales.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Meteorización

Es el proceso por el cual las rocas, y sus componentes minerales son alterados in situ por factores mecánicos como el agua, viento, hielo y/o químicos como el agua rica en iones o dióxido de carbono, que se percola a través de las rocas. La remoción del material meteorizado se conoce como erosión. La meteorización mecánica y química son por lo general fenómenos paralelos o contemporáneos pero, bajo diferentes condiciones climáticas uno de ellos puede predominar sobre el otro (PDVSA Intevep, 2005).

Todas las rocas independientemente de su génesis serán de algún modo alteradas por los factores de la meteorización ya que los minerales constituyentes en una roca mostraran variados grados de resistencia a la meteorización (PDVSA Intevep, 2005).

3.2.2 Erosión

Se denomina erosión al proceso de sustracción o desgaste del relieve del suelo intacto (roca madre), por acción de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glacial, el viento o la acción de los seres vivos. La erosión se refiere al transporte de granos y no a la desintegración de las rocas. El material erosionado puede estar conformado por: fragmentos de rocas creados por abrasión mecánica por la propia acción del viento, aguas superficiales, glaciares y expansión-contracción térmica por variaciones estacionales, diurnas o climáticas; suelos (Méndez, J., 2006).

Estos son creados por la descomposición química de las rocas mediante la acción combinada de ácidos débiles disueltos en agua superficial y meteórica, hidrólisis, ácidos orgánicos, bacterias, así como también por la acción de la gran cantidad de plantas que se encuentren (Méndez, J., 2006).

3.2.3 Transporte

Es la cantidad de materiales que una corriente lleva en cualquier momento y que constituye su carga, es normalmente menor que su capacidad, es decir, la cantidad total que puede transportar bajo una serie de condiciones. El tamaño máximo de las partículas capaz de mover una corriente determina la competencia de dicha corriente (Brito et al, 1998)

El transporte de los materiales se puede producir de la siguiente manera:

3.2.3.1 Solución

Cantidad de materia disuelta contenida en el agua, es transportada en forma de iones químicos y se mide en términos de partes de materia disueltas por millón de partes de agua (Brito et al, 1998).

3.2.3.2 Flotación

En el agua, los materiales menos densos que en ella son transportados por la superficie sin hundirse (Brito et al, 1998)

3.2.3.3 Suspensión

Las partículas de materia solidas que son barridas por las corrientes turbulentas de un rio constituyen el material en suspensión, que también se le denomina carga en suspensión (Brito et al, 1998).

3.2.3.4 Saltación

Los materiales se desplazan dando saltos empujados por el agua o por el viento (Brito et al, 1998).

3.2.3.5 Rodadura

Los materiales ruedan empujados por el agua y por el viento (Brito et al, 1998).

3.2.3.6 Reptación

El viento o el agua empujan los materiales, arrastrándolos por el suelo, por el fondo del río o por el mar (Brito et al, 1998).

3.2.3.7 Carga de fondo

Los materiales que se mueven a lo largo del fondo de una corriente constituye la carga de dicha corriente, en contraste con la carga suspendida y la carga en solución. La arena, la grava, y los fragmentos todavía mayores quedan confinados en la base del fondo constituyendo tal carga (Brito et al, 1998).

3.2.4 Sedimentación

Es la acumulación progresiva de las partículas transportadas sobre el lecho del río, sobre el lecho de inundación o el fondo de una masa de agua no corriente en la que desemboca un curso de agua (Brito et al, 1998)

3.2.5 Sedimentos

La meteorización y erosión de las rocas preexistentes originan los fragmentos, granos y partículas que constituyen el sedimento, el cual es transportado y continuamente modificado hasta los lugares del depósito final denominado ambiente sedimentario. Según su génesis los sedimentos pueden ser: químicos cuando provienen de precipitaciones o concentraciones químicas (calizas, dolomitas, sal) y clásticos cuando proceden de material rocoso que ha sufrido una destrucción mecánica (conglomerados, areniscas, pizarras arcillosas) (Méndez, J., 2006).

Las corrientes de agua desempeñan un papel fundamental en la sedimentación de depósitos en medios fluviales, ya que influyen en la erosión y consecuente remoción de material proveniente del fondo del canal del río así como aquel de las orillas del cauce (Méndez, J., 2006).

Las crecidas ejercen un papel importante y determinante en cuanto a la definición de los periodos de máximo aporte sedimentario. Durante este lapso el nivel de agua aumenta y el río desborda el canal, provocando de esta manera la sedimentación de los materiales que se encuentran en suspensión en el margen del canal originando así los diques (Brito et al, 1998).

3.2.6 Trabajo de las corrientes en medios fluviales

Una corriente tiene la capacidad de transportar partículas de diferentes tamaños según sea la corriente y la densidad del material, habrá una distribución en zonas diversas de la sección del cauce (Brito et al, 1998). El agua que fluye a lo largo de los ríos realiza varios trabajos:

3.2.7 Tipos de régimen y circulación de corrientes

Existen dos tipos de régimen que van a definir el deslizamiento del agua en una corriente (Brito et al, 1998).

3.2.7.1 Flujo laminar

No hay mezcla lateral de partículas, las líneas de corriente tienden a ser paralelas (Brito et al, 1998).

3.2.7.2 Flujo turbulento

El agua se desvía de su curso recto en una serie de vueltas y remolinos, el agua de los ríos regularmente fluye de esta manera siendo el flujo turbulento muy efectivo tanto en la erosión del canal de la corriente como en el transporte de materiales (Cañas, 2005).

3.2.8 Morfología de los ríos

Tomando como referencia el estudio de numerosos ríos y sistemas fluviales se ha demostrado que el canal de un río se encuentra clasificado de acuerdo a su sinuosidad y al número de canales activos simultáneamente (Miall, 1978; en Brito et al., 1998) los tipos de canales son:

3.2.8.1 Canales rectilíneos

El flujo en general es recto y llega a tomar un curso sinuoso y a producir pequeñas barras (barras laterales) en los lados del canal o incluso hasta un conjunto entrelazado. El relleno de estos canales puede ser vertical o lateral y ser similar a los depósitos de barras de meandros o los ríos entrelazados (Miall, 1978; en Brito et al., 1998)

3.2.8.2 Canales entrelazados

Caracterizados por una leve sinuosidad del canal mayor y una gran complejidad interna representada por canales separados por islas o barras aluviales. El ancho del cauce puede ser de varios kilómetros y la profundidad débil 1-10 metros. La complejidad y desorganización interna es debido a la inestabilidad, pues

la geometría del canal y de las barras está continuamente en movimiento (Miall, 1978; en Brito et al., 1998)

3.2.8.3 Canales Meandriiformes

Fuerte sinuosidad, presencia de un solo canal y mayor estabilidad morfológica que entre los ríos entrelazados, buena organización geométrica en meandro de trazos regulares (Miall, 1978; en Brito et al., 1998).

Se forman en las zonas con gradiente topográficos débiles y los sedimentos transportados se caracterizan por una elevada proporción de sedimentos finos, al contrario de los ríos entrelazados. Los ríos Meandriiformes se caracterizan, por una relación longitud/profundidad menor que en los ríos entrelazados (Miall, 1978; en Brito et al., 1998).

3.2.9 Características de los depósitos fluviales

3.2.9.1 Depósitos de barras de meandros

Las barras son sedimentos típicos de un río con meandros que se forman por la migración lateral del meandro, ya sea en una llanura aluvial o en una llanura deltaica. El material más grueso sedimenta en la parte más profunda del canal mientras que el material en suspensión se deposita en forma gradacional de arena o arcilla, en la superficie de la barra durante los periodos de aguas bajas (Cañas, 2005).

3.2.9.2 Depósitos de corrientes entrelazadas

Son el resultado de la alteración de socavación por inundación y posteriormente del relleno de múltiples canales interconectados dentro de los límites del valle de un río (Cañas, 2005).

3.2.10 Ambiente Continental

Es una parte de la superficie terrestre caracterizada por un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas, con la propiedad de intervenir en la formación de los ambientes sedimentarios (Allen, J. 1988)

3.2.11 Ambiente Fluvial

Comprende el cauce o canal del río, llanura aluvial y los conos de deyección. La energía del ambiente está representada por el flujo de la corriente y los materiales sedimentarios pueden variar desde bloques hasta arcillas (Allen, J. 1988).

3.2.12 Ambiente Sedimentario

En una parte de la superficie terrestre caracterizada por un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas, bajo las cuales se acumula un sedimento. Tal conjunto de condiciones incluye la geología, la geomorfología, el clima, la flora y la fauna y, si el ambiente es subacuático, profundidad, salinidad, temperatura y movimientos de agua (Allen, J. 1988).

3.2.13 Granulometría

Consiste en separar y clasificar por tamaños, los granos que lo componen. Estos análisis expresan cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el sedimento, la forma de realizarlo es por medio de una serie de tamices que definen el tamaño de las partículas (PDVSA Intevep, 2005).

3.2.14 Análisis granulométricos

De los distintos métodos existentes para realizar análisis granulométricos, quizás el más utilizado es la tamización con tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca un juego de tamices en cascada, es decir, ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla. El producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de malla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio (Gutiérrez y Pérez, 2001).

El producto a analizar o producto bruto queda distribuido en diferentes fracciones según el tamaño de partículas, tales como: rechazo (producto que queda retenido en la malla del tamiz) y cernido (producto que atraviesa la malla del tamiz) (Gutiérrez y Pérez, 2001).

En una tamización en cascada el cernido de un tamiz constituye la alimentación del siguiente, por tanto se obtienen tantos rechazos como tamices constituyan la cascada y un solo cernido, constituido por el producto que atraviesa las mallas del último tamiz de abertura de mallas más pequeñas (Gutiérrez y Pérez, 2001).

3.2.15 Escala de Wentworth (escala granulométrica)

Consiste en una escala logarítmica de clasificación granulométrica de los fragmentos de sedimentos clásticos (o detríticos), de los más finos a los más gruesos, creada en 1922 por C. K. Wentworth. Esta escala es bastante utilizada por los geólogos y su clasificación generalmente difiere un poco de aquellas hechas por los ingenieros. Esta escala toma el milímetro como punto de partida para estimar el diámetro promedio de tamaño para una partícula sedimentaria y emplea la razón $1/2$ para obtener los diámetros límites de sus clases de tamaño de 1, $1/2$, $1/4$, etc. De esta forma se definen los términos de la escala granulométrica en bloques, grava, arena, limo y arcilla (García, O. 1981) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Escala de Wentworth para clasificar las partículas de sedimentos clásticos según su tamaño (Modificada por Pettijohn, F.J. 1970)

U.S. STANDARD STEVEN MESH	MILIMETROS (MM)	MICRONS	FHD	NOMBRE DE LA ESCALA	TIPO	TAMIZADO	ROCA
	4096		-12				
	1024		-10	PEÑONAL (-8 A -120)	CANTO RODADO		
	256		-8	PEÑAS CAL (-6 A -80)	GUIJARROS		
	64		-6				
	16		-4	GRAVAS (-2 A -60)			
5	4		-2				
6	3.35		-1.75				
7	2.83		-1.50				
8	2.38		1.25	GRAVILLA	GRAVA	PASA POR EL TAMIZ #3 Y EL RETENIDO EN EL TAMIZ #4	CONGLOMERADOS
10	2.00		-1.00				
12	1.68		-0.75				
14	1.41		-0.50	MUY GRUESA			
16	1.19		-0.25				
18	1.00		0.00				
20	0.84		0.25				
25	0.71		0.50	GRUESA			
30	0.59		0.75				
35	1/2	0.50	1.00				
40		0.42	1.25				
45		0.35	1.50				
40		0.42	1.25	MEDIA	ARENA	PASA POR EL TAMIZ #4 Y EL RETENIDO EN EL TAMIZ #20	ARENISCA
45		0.35	1.50				
50		0.30	1.75				
60	1/4	0.25	2.00				
70		0.210	2.25				
80		0.177	2.50				
100		0.149	2.75				
120	1/8	0.125	3.00				
140		0.105	3.25				
170		0.088	3.50				
200		0.074	3.75				
ANÁLISIS POR PIPETA O HIDRÓMETRO	230	0.0625	62.5	4.00			
	270	0.053	63	4.25			
	325	0.044	44	4.50	LIMO GRUESO		
		0.037	37	4.75			
	1/32	0.031	31	5.00		LIMO	
	1/64	0.0155	15.5	6.00	LIMO MEDIO		
	1/128	0.0078	7.8	7.00	LIMO FINO	PASA POR EL TAMIZ #200	LIMOLITAS
	1/256	0.0039	3.9	8.00	LIMO MUY FINO		
		0.0020	2.0	9.00	ARCILLA		
		0.00098	0.98	10.00			
	0.00049	0.49	11.00				
	0.00024	0.24	12.00				
	0.00012	0.12	13.00				
	0.0006	0.06	14.00		ARCILLA	PASA POR EL TAMIZ #20	LUTITAS/ARGILITAS

3.2.16 Variables calculadas a través de análisis granulométrico

Existen diversas variables que se pueden obtener a través del análisis granulométrico, estos parámetros describen las distribuciones de frecuencia de las partículas (matemáticamente) (Nichols, G. 1999).

3.2.16.1 Diámetro medio (Md)

Es el punto medio de la distribución del sedimento y está determinado por el punto donde se interceptan la curva acumulativa y la línea del 50 por ciento. Indica que el 50% del material es más grueso y el 50% más fino. El primer y el tercer cuartil (Q1 y Q3 respectivamente) son determinados de manera idéntica mediante la intersección de las curvas acumulativas con las líneas de 25 y 75%, respectivamente (Nichols, G. 1999).

3.2.16.2 Coeficiente de escogimiento (So)

Indica la distribución de las partículas a cada lado del diámetro medio (Md), es decir, el grado de uniformidad de los granos. El So mide la desviación de los cuartiles con respecto al diámetro medio. Si los cuartiles están cerca del diámetro medio, el sedimento está bien escogido, en caso contrario, estará pobremente escogido (Nichols, G. op. cit.) (Ecuación 3.1).

$$So = \sqrt{\frac{Q3}{Q1}}$$

(3.1)

Dónde:

So= Coeficiente de escogimiento.

Q3>Q1; Q1 = Cuartil 1; Q3 = Cuartil 3

Por otra parte, dado el escogimiento influye en la porosidad, la mayor porosidad se lograra cuando haya un buen escogimiento, es decir, cuando todos los granos sean de igual tamaño. Cuando existen granos de mayor y menor tamaño (mal escogidos) la porosidad tiende a disminuir (Nichols, G op. cit.).

3.2.16.3 Coeficiente de sesgo o simetría (SK)

Demuestra el grado de simetría con respecto a la modalidad de la curva indicando donde ocurre la mayor concentración de partículas del mismo diámetro con respecto al medio diámetro; en otras palabras, muestra en qué lado del diámetro medio ocurre el mayor escogimiento del material (Nichols, G. op. cit.). (Ecuación 3.2)

$$SK = \frac{Q1.Q3}{(Md)^2} \quad (3.2)$$

Dónde:

SK = Coeficiente de simetría

Md = Diámetro medio

Q1 = Cuartil 1; Q3 = cuartil 3

3.2.16.4 Modalidad

La abscisa del punto culminante de un histograma o una curva de frecuencia simple, se denominan modalidad e indica el tipo de grano más abundante en el

sedimento. El tamaño de su ordenada, la manera y la forma en que el resto de la frecuencia está repartida aun lado y otro de este punto culminante es el carácter de los sedimentos (Nichols, G. op. cit.).

3.2.16.5 Curtosis o Agudez del Pico (K)

Es una medida de la agudeza de la curva de frecuencia. Las curvas agudas indican un menor escogimiento en la porción central de la distribución del tamaño de granos (Nichols, G. op. cit.). (Ecuación 3.3)

$$K = \frac{Q3-Q1}{2(P90-P10)} \quad (3.3)$$

Dónde:

K= Curtosis

P90= Coordenada de la abscisa correspondiente al 10 %, y P10 al 90 %.

3.2.16.6 Coeficiente de uniformidad (U)

Representa el coeficiente entre el diámetro del grano, tal que el 60% de la muestra es inferior a él, y aquel diámetro donde el 10% de la muestra es inferior al mismo (Nichols, G. op. cit.) (Ecuación 3.4).

$$U = \frac{P40}{P90} \quad (3.4)$$

Dónde:

U= Coeficiente de uniformidad

P40= Coordenada de la abscisa correspondiente al 60%

P90= Coordenada de la abscisa correspondiente al 10%

Para un seguimiento completamente uniforme $U= 1$

En general, las tres últimas evaluaciones estadísticas mencionadas (Sesgo, Curtosis y el coeficiente de uniformidad) representan un análisis de las características adoptadas por los sedimentos en el histograma y la curva acumulativa de frecuencia (Nichols, G. op. cit.).

3.2.17 Propiedades de los clastos

La descripción de los clastos es muy importante en la sedimentología. Las propiedades de los clastos reflejan una gran cantidad de la historia del ambiente de la roca.

Generalmente se observa el tamaño, redondez, clasificación (distribución), relación entre clastos, tipos de clastos y la orientación.

3.2.17.1 Tamaño de los clastos

La clasificación de los sedimentos clásticos se basa en el tamaño de los granos de sus componentes y refleja las condiciones de sedimentación. La escala de Wentworth ha sido utilizada para diferenciar los tipos de sedimentos esta clasificación se divide en bloques, guijas, gránulos, arenas, limos y arcillas. Términos como fino medio y grueso son utilizados para subdividir las partículas mencionadas anteriormente. También es empleada para dar nombre a las rocas detríticas.

Una clasificación perfecta indica un sedimento constituido íntegramente por partículas de un solo sedimento. Existe clasificación mala cuando la gama de grados

de los tamaños es muy amplia y la proporción de la muestra pertenece a los dos grados extremos, el de tamaños muy pequeños y el de tamaños muy grandes. Un sedimento mal clasificado puede incluir, por ejemplo, proporciones representativas de los grados de arcilla, arena, limo y cantos pequeños.

3.2.17.2 Forma de los clastos

La forma de los clastos es muy difícil de definir, debido a la irregularidad de los mismos, y en general se puede decir que los estudios morfológicos tienden a definir su geometría en forma aproximada.

El transporte sedimentario produce el desgaste de los clastos, con la destrucción progresiva de aristas y vértices, en su tendencia a alcanzar una configuración de mínima superficie para un volumen dado, la que corresponde a la esfera.

- Esfericidad: se define como el grado en que un elemento clástico se aproxima en su forma a una esfera. La esfericidad está relacionada con las diferencias existentes entre los distintos diámetros o longitudes de los ejes de la partícula.
- Redondez: se refiere al grado de angularidad que presentan aristas y vértices de un clasto. Representa la magnitud y el tipo de transporte. Un transporte gravitacional – coluvial corto (sin agua) produce clastos angulares. Con la entrada de los clastos al sistema fluvial empieza el desgaste y las partículas pierden angularidad.
- Determinaciones graficas de Forma y Redondez: las determinaciones de la forma, esfericidad y redondez resultan frecuentemente muy complicadas. Todo esto ha conducido a la construcción de gráficos y cuadros expresando

las siluetas de diferentes clastos. El de Acosta (2006), por ejemplo, se combina dos tipos de esfericidad (alta y baja) y seis tipos de redondez (Figura 3.1).

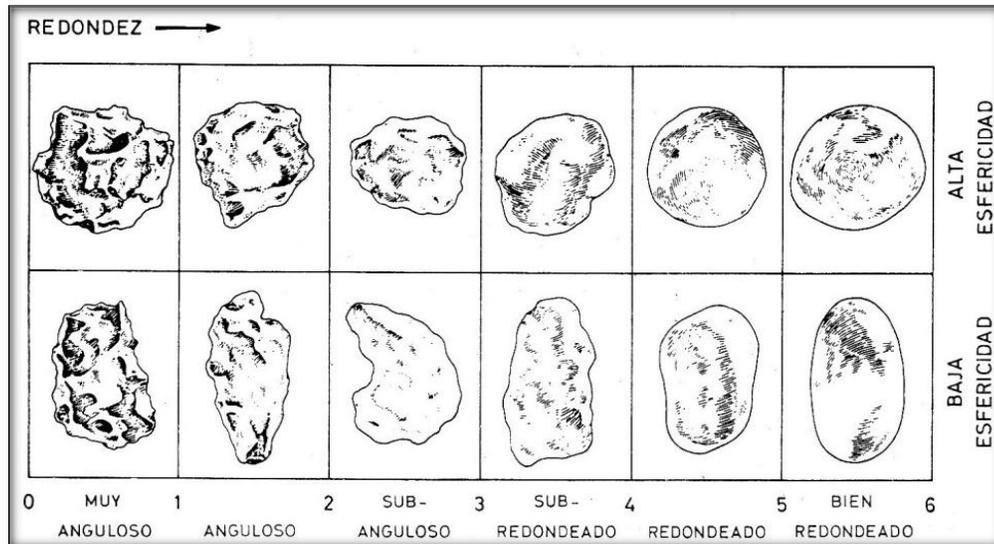


Figura 3.1 Determinación de la Redondez y Esfericidad de las partículas de Los Sedimentos (Powers, 1953 en Estratigrafía de Corrales et al, 1977).

3.2.18 Grado de redondez de la partícula

Los grados de redondez de una partícula son los siguientes:

3.2.18.1 Anguloso (0-0,15)

Las aristas y los vértices son agudos y muestran poca o ninguna prueba de desgaste. Los vértices secundarios son numerosos (entre 35 y 30) y agudos (Pettijohn, F.J 1975).

3.2.18.2 Sub-anguloso (0,15-0,25)

Los Fragmentos mantiene aún su forma primitiva y las caras están virtualmente intactas, pero las aristas y los vértices han sido redondeados en cierto grado mostrando los efectos típicos del desgaste; los vértices secundarios son numerosos (entre 20 y 10), pero menos que en los angulosos (Pettijohn, F.J 1975).

3.2.18.3 Sub- redondeado (0,25-0,40)

Las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y las superficies de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas mostrando considerable desgaste pero manteniendo aun la forma primitiva del grano. Los vértices secundarios están muy redondeados y en números reducidos (Pettijohn, F.J 1975).

3.2.18.4 Redondeado (0,40-0,60)

Las caras originales se muestran completamente destruidas pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias. Los vértices secundarios están muy suavizados y escasos (entre 0 y 5). Con una redondez de 0,6 todos los vértices secundarios desaparecen, y aun se reconoce la forma primitiva (Pettijohn, F.J 1975).

3.2.18.5 Bien o muy redondeado (0,60-1,00)

La superficie consta totalmente de curvas amplias, sin caras originales sin aristas ni vértices; careces de áreas planas y aristas secundarias. La forma original se conoce por la forma actual del grano. Es decir se asemeja a una esfera (Pettijohn, F.J 1975).

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Investigación Descriptiva: Según Jacqueline Hurtado de Barrera en su libro “Metodología de la Investigación Holística (2000)” define la investigación descriptiva de la siguiente manera: “La investigación descriptiva tiene como objetivo central lograr **describir**, registrar, analizar e interpretar la naturaleza actual de un evento en estudio dentro de un contexto, para presentar una interpretación correcta del mismo”.

Investigación de Campo: Según Francisca Hernández de Canales en su libro "Metodología de la investigación" La investigación de campo se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible. Se pueden incluir experimentos de campo y la investigación ex post facto empleando metodología cualitativa.

Investigación Analítica: según Francisca Hernández de Canales en su libro "Metodología de la investigación" define la investigación analítica de la siguiente forma: “es un procedimiento más complejo con respecto a investigación descriptiva, que consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y el control sin aplicar o manipular las variables, estudiando estas según se dan naturalmente en los grupos”.

Tomando en cuenta .las definiciones citadas previamente, se trata de orientar esta investigación dentro de los contextos descriptivos, analíticos y de campo.

De acuerdo al objetivo general y al planteamiento de los problemas citados con anterioridad resulta en analogía con la investigación llevada a cabo por el presente proyecto.

4.2 Diseño de la investigación

El Diseño de esta investigación se cataloga y se orienta atendiendo a dos definiciones que se presentan a continuación.

Según Sabino (1.992) dice que “Los diseños de campo son los que se refieren a las mitades cuando los datos de interés que se recogen en forma directa de la realidad mediante el trabajo concreto del investigador y sus equipos”

Por ende, esta investigación es de campo ya que para conseguir los objetivos trazados es necesario trasladarse al mismo y de esta manera conocer los parámetros mínimos que se encuentran en el sitio de estudio y necesarios para el desarrollo de las actividades contempladas en la caracterización geológica de superficie.

Según (Balestrini, 2001) “El diseño de investigación no experimental se cataloga por no manipular variables, ya que la acción de las variables se toman de la realidad y el investigador no interviene en ello”.

Para los efectos de esta investigación es de tipo no experimental ya que no se interfiere en la naturaleza de los mismos. Es decir se toman las muestras del punto de estudios con sus rasgos y características tal cual suceden en la naturaleza.

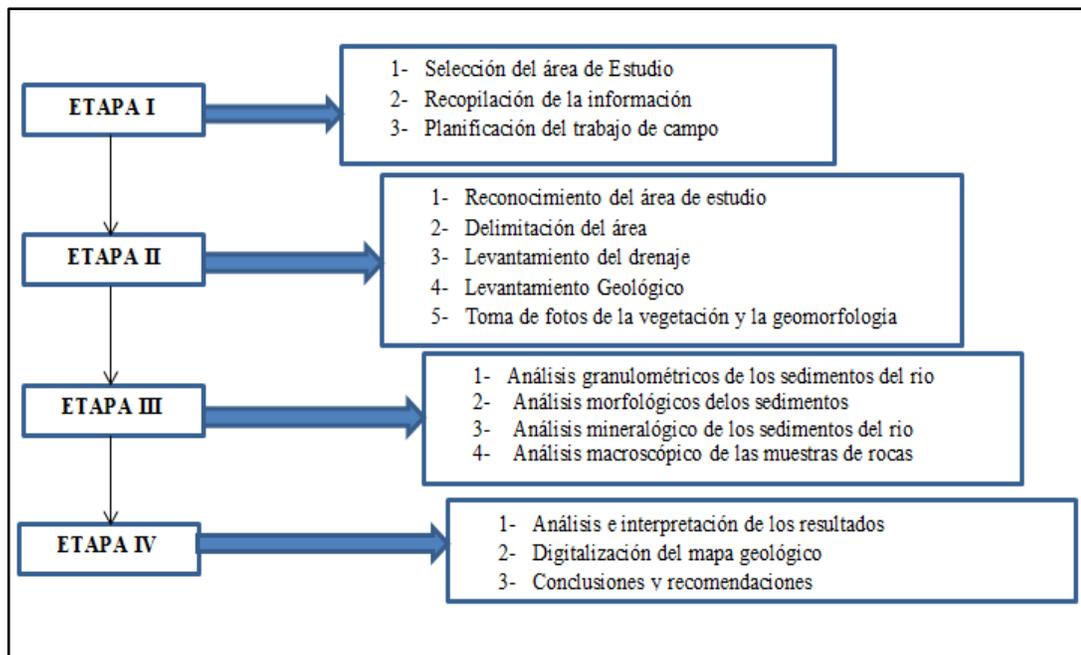


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de investigación

4.3 Población de la investigación

Población es el conjunto de personas, cosas o fenómenos sujetos a investigación, que tienen algunas características definitivas. Ante la posibilidad de investigar el conjunto en su totalidad, se selecciona un subconjunto al cual se denomina muestra (Balestrini, M. 2001).

Para fines de esta investigación, la población estaría representada por los sedimentos del río Los Majomos o los afloramientos rocosos que se encuentran enmarcados en la zona de estudio.

4.4 Muestra de la investigación

"Se llama muestra a una parte de la población a estudiar que sirve para representarla". Murria R. Spiegel (1991). Con orientación de lo antes mencionado, las muestras de este trabajo investigativo quedan referidas a porciones de sedimentos tomadas del río Los Majomos.

En tal sentido las mismas quedan plenamente representadas en el fenómeno a estudiar y Tomando previamente en consideración ciertos criterios establecidos a la hora y toma de ella se determina que el muestreo es de tipo no probabilístico intencional, ya que la "muestra seleccionada Se basa en una buena estrategia y el buen juicio del investigador, y la experiencia de la misma con la población y las unidades se eligen en forma arbitraria, designando a cada unidad según características que para el investigador resulten de relevancia" (Murria, S. 1991).

Con orientación de lo antes mencionado, las muestras de este trabajo investigativo quedan referidas a un conjunto de cinco muestras de sedimentos tomadas del río y a tres muestras de rocas tomadas de los afloramientos rocosos.

4.5 Etapas para el desarrollo del proyecto

4.5.1 Etapa I

4.5.1.1 Selección del área de estudio

El área de estudio se seleccionó en base a las características geológicas que presentan los afloramientos rocosos, a la presencia de sedimentos que se encuentran a lo largo del río Los Majomos y sedimentos de la Formación Mesa. Además de el fácil acceso al área de estudio.

4.5.1.2 Recopilación de la información

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación fue necesario acudir a técnicas e instrumentos que permitieron recolectar el conjunto de datos y la información necesaria para su desarrollo.

La revisión bibliográfica se refiere al conjunto de textos, compendios, trabajos de ascenso realizados en la zona, los cuales permitieron facilitar el desarrollo de la investigación.

La información Cartográfica que se utilizó fue la hoja cartográfica de MARHUANTA N° 7540 a escala 1:100.000 del año 1970, y el mapa geológico realizado por Edlibi, J. (2013) en el área de estudio a escala 1:5000.

4.5.1.3 Planificación del trabajo de campo

Consistió en la programación de las salidas a campo, en señalar los puntos de muestreo en el río Los Majomos utilizando hoja cartográfica Marhuanta.

4.5.2 Etapa II

4.5.2.1 Reconocimiento del área de estudio

Se realizó mediante caminatas expeditivas a lo largo del cauce del río y en sus alrededores. De manera que se pudo identificar algunos aspectos geológicos; además de verificar o corroborar la información obtenida de trabajos realizados en la zona (Figura 4.2).



Figura 4.2 Reconocimiento del Área de Estudio.

4.5.2.2 Delimitación del área de estudio

Consistió en establecer el perímetro de la zona de estudio, a partir de puntos conocidos de la ubicación relativa del área, realizando una poligonal en forma de rectángulo con la ayuda de una brújula y un GPS.

4.5.2.3 Levantamiento geológico

Consistió en la toma de cinco (5) muestras de sedimentos (MS_1 , MS_2 , MS_3 , MS_4 , MS_5) en el río Los Majomos con la ayuda de una pala a una profundidad entre 80-100 cm, y un ancho aproximado de 100 cm de las calicatas (Figura 4.3 b), las cuales se colocaron en bolsas plásticas previamente rotuladas. Y la toma de tres (3) muestras de rocas (MR_1 , MR_2 , MR_3) de los afloramientos con la ayuda de una mandarina (Figura 4.3 a), las cuales se colocaron en bolsas plásticas previamente

rotuladas. Cabe destacar que los puntos de muestreo tanto de sedimentos como de rocas fueron posicionados con la ayuda de un GPS. (Tablas 4.1 y 4.2).



(a)

(b)

Figura 4.3 Toma de Muestras: a) muestra de rocas, b) muestra de sedimentos.

Tabla 4.1 Coordenadas UTM de Puntos de Muestreo de sedimentos del río Los Majomos.

Muestra	Coordenadas Norte	Coordenadas Este	Ancho del cauce del río (mts)
MS ₁	908737	483865	12,10
MS ₂	908618	483900	8,90
MS ₃	908400	483825	6,10
MS ₄	908232	483820	12,20
MS ₅	908136	483688	15,20

Tabla 4.2 Coordenadas UTM de puntos de muestreo de roca.

Muestra	Coordenadas Norte	Coordenadas Este
MR ₁	908525	483737
MR ₂	908718	483664
MR ₃	908714	483767

4.5.2.4 Levantamiento del drenaje

Consistió en la toma de puntos de coordenadas con GPS en las concavidades del cauce del río Los Majomos mediante caminatas expeditivas, además de medir en el ancho del cauce con cinta métrica (Figura 4.4).



Figura 4.4 Medición del Cauce del río con cinta métrica.

4.5.3 Etapa III

4.5.3.1 Análisis granulométrico de los sedimentos del río

En este análisis se determinó la granulometría de los sedimentos mediante el ensayo mecánico por tamizado, con el fin determinar la distribución porcentual del tamaño de las partículas (Figura 4.5)



Figura 4.5 Análisis Granulométrico por Tamizado.

Estos análisis fueron realizados a cinco (5) muestras de sedimentos (MS_1 , MS_2 , MS_3 , MS_4 , MS_5), tomadas en el cauce del río Los Majomos, en el laboratorio de Sedimentología de la Universidad de Oriente, utilizando los tamices (5, 10, 18, 35, 60,120), para luego clasificar los sedimentos mediante la escala de Wentworth.

Los datos del análisis son expresados mediante gráficos compuestos a través de curvas de frecuencia de distribución de tamaño o curvas granulométricas para definir el material según el tamaño.

4.5.3.2 Análisis de las características morfológicas de los sedimentos del río

Este análisis fue practicado a cinco (5) muestras (MS₁, MS₂, MS₃, MS₄, MS₅) de sedimentos del río, empleando el material retenido en el Tamiz N° 35 producto del análisis granulométrico. Para tal fin se tomaron muestras de 250 gramos de las cuales se realizó un conteo de 400 partículas en un microscopio de lupa tomado en cuenta su forma, con el fin de generar una apreciación cualitativa y cuantitativa de esfericidad y redondez de las partículas que constituyen el sedimento; lo cual es el reflejo del grado de transporte que sufrieron los sedimentos.

4.5.3.3 Análisis mineralógico de los sedimentos del río

Este análisis se le practico a cinco muestras de sedimentos del río los majomos (MS₁, MS₂, MS₃, MS₄, MS₅); para ello fue necesaria la utilización del material retenido en el tamiz 35, tales muestras posteriormente fueron lavadas con ácido clorhídrico (HCl) y agua. Estos análisis se realizaron en el laboratorio del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), con el propósito de determinar la procedencia de los sedimentos.

4.5.3.4 Análisis macroscópico de las muestras de roca

Las muestras de rocas (MR₁, MR₂, MR₃) tomadas de los afloramientos fueron analizadas de manera macroscópica empleando una lupa de mano de 10 micras mediante las características físicas con el fin de generar información concerniente a las unidades geológicas presentes en el área.

4.5.4 Etapa IV

4.5.4.1 Digitalización del mapa geológico con el drenaje, la vialidad y la toponimia.

El mapa Geológico de la zona de estudio se digitalizo tomando en cuenta la información de campo y los trabajos realizados en el área a través del programa AUTOCAD 2009, a escala 1:5000 (anexo 1).

4.5.4.2 Análisis e interpretación de los resultados

Está relacionado con el análisis e interpretación de la información de campo y de los resultados de laboratorio, a través de los cuales se generan conclusiones y recomendaciones.

4.5.4.3 Conclusiones y recomendaciones

Tanto las conclusiones como las recomendaciones son el reflejo de los resultados obtenidos a través de los análisis e interpretación de los resultados de laboratorio y de campo, las cuales corresponden a cada uno de los objetivos específicos. Cabe destacar que las recomendaciones surgen de la manera como se hayan logrado los objetivos, sobre todo cuando los resultados no se logran de la manera más satisfactoria.

CAPITULO V

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

5.1 Descripción de las unidades Geológicas del área de estudio mediante la observación de campo.

La zona de estudio está constituida por tres unidades geológicas, que de mayor a menor edad, son Complejo de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos recientes; siendo la de mayor extensión la Formación Mesa (Anexo 1).

5.1.1 Complejo de imataca

El Complejo de Imataca está compuesto por afloramientos rocosos de edad Precámbrica constituidos por gneises con facies granulíticas y charnockíticas, los cuales tienen una dirección Sureste-Noroeste, parecida a la dirección que presentan las diaclasas que se encuentran en los afloramientos antes mencionados.

El afloramiento que está al sur de la autopista tiene forma dómica, en él se observan los efectos de la meteorización esferoidal, puesto que se fractura en forma de lascas o cascadas. Además hay presencia de vetas de cuarzo con un espesor que varía entre uno y dos centímetros, así como también incrustaciones de bloques de distintos tamaños presentes en el afloramiento de composición diferente, que de acuerdo a sus características físicas y químicas posiblemente corresponden a Diabasas. Estos bloques se denominan xenolitos (Figura 5.1), que se forman por asimilación magmática de manera parcial, cuando el magma los arrastra al encontrárselos a medida que va ascendiendo a través de la corteza. Posteriormente, el magma al solidificarse se transforma en un cuerpo ígneo con dichas incrustaciones.

Luego producto de un régimen tectónico a escala regional se transformó en la roca metamórfica mencionada anteriormente



Figura 5.1 Presencia de Xenolitos en el afloramiento con forma cómica.

Las muestras de rocas MR₁, MR₂, MR₃ pertenecientes al Complejo de Imataca se clasificaron tomando en cuenta la información de campo y los análisis de muestra de mano.

5.1.1.1 Análisis de la Muestra MR₁

Macroscópicamente es una roca dura, fresca de color gris oscuro y en algunos partes verdoso claro, de textura granoblástica con granos medios a gruesos, en la cual se pudieron apreciar granos de minerales de Cuarzo en menor proporción esparcidos por toda la muestra en un (15%), Anfíbol (25%), Plagioclasa (20%), Piroxeno (30%) y mica biotita bien distribuida en un (10%). De acuerdo con este análisis se puede deducir que la muestra pertenece a una roca tipo charnockita.

5.1.1.2 Análisis de la Muestra MR₂

En muestra de mano es una roca dura, de color gris oscuro, de textura granoblástica con un tamaño de grano fino a medio, compuesta por minerales tales como Piroxeno (30%), Plagioclasa (25%), Anfíbol (10%), Cuarzo (15%), y Mica Biotita (15%), además de la presencia de granos de Granate con tonalidad rojiza (5%). De manera que es una roca tipo granulita.

5.1.1.3 Análisis de la Muestra MR₃

Macroscópicamente es una roca similar a la muestra MR₁, ya que presenta las mismas características físicas y mineralógicas. Por ende esta muestra de mano también queda referida como una charnockita.

5.1.2 Formación Mesa

La Formación Mesa de edad Pleistoceno está compuesta por arenas de grano grueso a medio y gravas en menor proporción, cuya granulometría tiene un orden decreciente de base a tope, presenta un color rojizo debido a la presencia de minerales ferromagnesianos en las rocas del Escudo de Guayana.

La altura de la Formación Mesa en el área de estudio varia, por cuanto aumenta en dirección hacia el norte del área, además de presentar un ligero y suave relieve plano con suavizadas pendientes. Así como también está en contacto discordante con rocas del Complejo Geológico de Imataca, como se observa en la figura 5.2.



Figura 5.2 Contacto discordante entre la Formación Mesa y rocas del Complejo Geológico Imataca.

5.1.3 Sedimentos Recientes

Los sedimentos recientes de edad Holoceno están constituidos por arenas, arcillas y gravas en menor proporción, los cuales se presentan en el cauce del río Los Majomos, derivados de la acción erosiva ejercida por el agua (del río y de la precipitación) sobre rocas del Complejo Geológico de Imataca y de la Formación Mesa.

5.2 Análisis de la granulometría de los sedimentos del río Los Majomos, y clasificarlos utilizando la escala de Wentworth.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis granulométricos realizados a los sedimentos del río Los Majomos, se puede apreciar el predominio de las arenas de grano grueso (40,47 %) a grano medio (39,79 %) (Tabla 5.1); esto debido a una moderada energía del río, de manera que los sedimentos tienen un buen

escogimiento ya que los mismos son más o menos de un mismo tamaño (Figura 5.3) (Apéndice A).

Tabla 5.1 Resultado de los análisis granulométricos de los sedimentos del río Los Majomos.

Muestra	Arenas (%)	Arena Gruesa (%)	Arena Media (%)	Arena Fina (%)	Gravas (%)
M ₁	93	37	34	22	2,4
M ₂	96,40	51	36,20	9,20	3,6
M ₃	97,97	36,86	42,68	18,43	1,80
M ₄	99	32,80	49,40	16,80	0,80
M ₅	93,57	44,68	36,67	12,22	6,21
Promedio		40,47	39,79	15,73	2,96

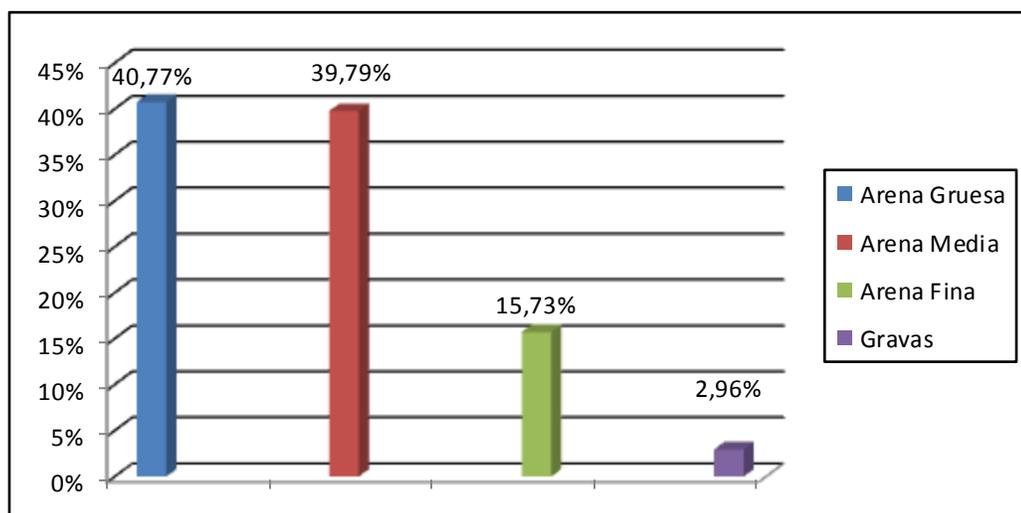


Figura 5.3 Histograma del resumen de las arenas procedentes de los sedimentos del río Los Majomos.

5.3 Análisis Morfológico de los Sedimentos del río los Majomos

Los resultados del análisis morfológico de los sedimentos del río Los Majomos, indican que el grado de redondez está comprendido entre subanguloso (43,60 %) a subredondeado (45,85%) (Tabla 5.2), Lo que permite deducir que los sedimentos provienen de lugares cercanos a su fuente de origen (Figura 5.4) (Apéndice B).

Tabla 5.2 Grado de redondez de las partículas sedimentarias que conforman los sedimentos del Río los Majomos.

Muestra	Angulosa %	Subangulosa %	Subredondeada %	Redondeada %	Bien Redondeada
M-1	2,0	40,5	52,0	5,5	0,00
M-2	3,0	42,5	48,5	4,8	0,00
M-3	5,5	43,8	45,3	4,3	0,00
M-4	8,0	44,3	44,0	3,8	0,00
M-5	10,5	47,0	39,5	3,0	0,00
Promedio	5,8	43,6	45,9	4,3	0,00

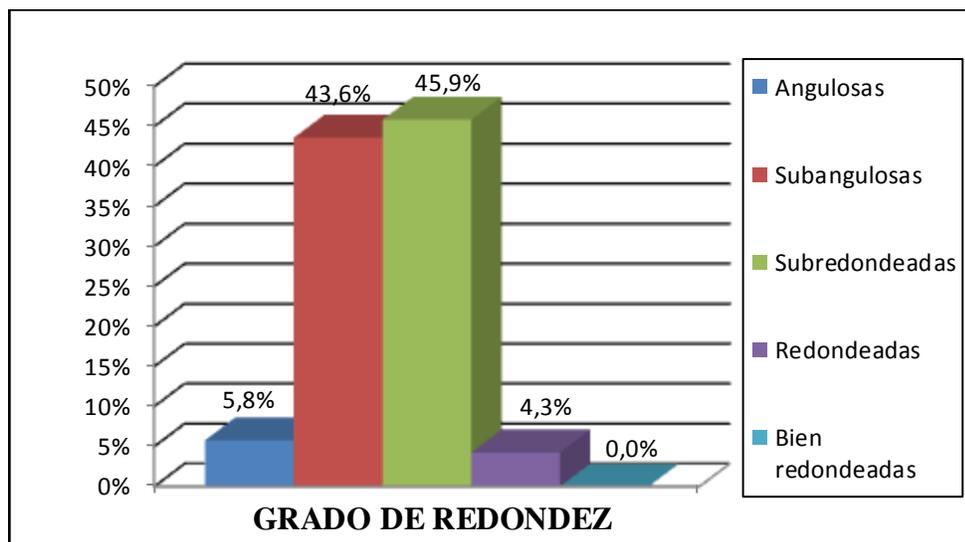


Figura 5.4 Histograma del resumen promedio del grado de redondez de los sedimentos de río Los Majomos

5.4 Análisis de la composición Mineral de los Sedimentos

Según la tabla 5.3 los minerales de mayor predominancia son el Cuarzo con un porcentaje promedio de 83,60 % y en menor cantidad Limonita (4.40 %), lo que nos permite deducir que la mayoría de los sedimentos transportados por el río son aportados por la Formación Mesa.

Entre otros minerales podemos señalar la presencia de feldspatos, micas, anfíboles, lo que indica que los sedimentos no sufrieron una meteorización sustancial debido al poco transporte, de manera que se puede deducir que estos sedimentos minerales provienen de las rocas del Complejo Geológico de Imataca que se encuentran cercanas al área de estudio (Figura 5.5) (Apéndice C).

Tabla 5.3 Resultados promedio del análisis mineralógico de las muestras de sedimentos del rio los Majomos.

Mineral	(%) 1	(%) 2	(%) 3	(%) 4	(%) 5	(%)Total
Cuarzo	87	82	83	83	83	83,6
Ilmenita	4	3	0	0	0	1,4
Anfibol	0	3	3	3	3	2,4
Feldespato	0	3	0	4	4	2,2
Rutilo	0	3	0	3	0	1,2
Mica	0	2	0	0	0	0,4
Granate	0	0	5	0	0	1,0
Limonita	6	4	4	3	5	4,4
Oxido, Hidróxido de Fe	0	0	5	4	5	2,8

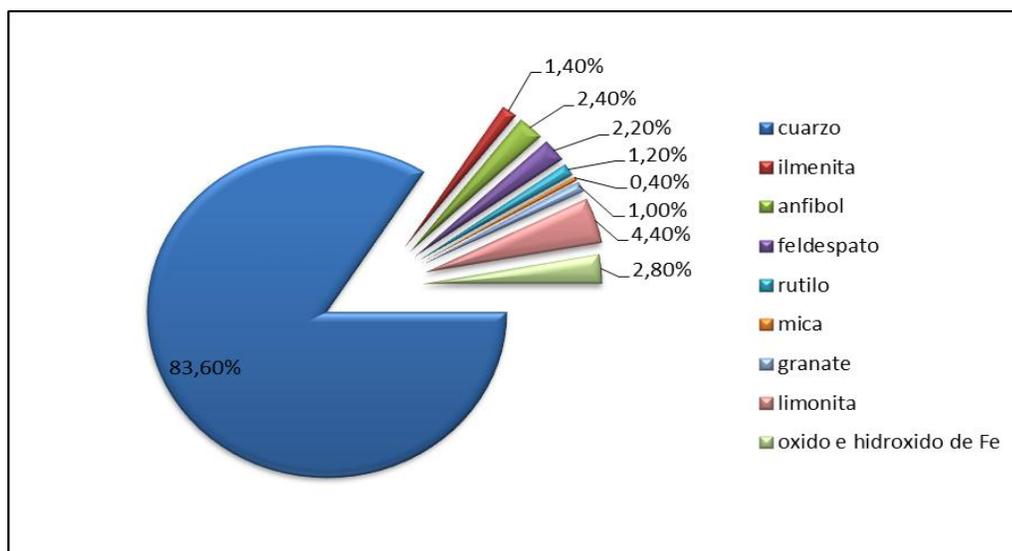


Figura 5.5 Resumen promedio del análisis mineralógico

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Del estudio realizado en este proyecto se generan las siguientes conclusiones:

1. En el sector comprendido entre los kilómetros 48 y 49 de la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz se identifican tres (3) unidades Geológicas, claramente observables, las cuales son: Complejo de Imataca, Formación Mesa y los Sedimentos Recientes.
2. Las rocas del Complejo de Imataca que afloran en el área de estudio son Charnockitas y Granulitas. Macroscópicamente son rocas duras fresca de color gris oscuro y en algunos casos claros, de textura granoblástica. En estos cuerpos rocosos se presentan incrustaciones de bloques de Diabasa de grano fino de distintos tamaños, conocidos como xenolitos.
3. Los Sedimentos Recientes se localizan en los márgenes y en el fondo del río los Majomos, constituidos por arena de distintos tamaños y en menor cantidad gravas, producto de la acción erosiva de las aguas sobre las rocas del Complejo de Imataca y la Formación Mesa.
4. El promedio de los análisis granulométricos realizados a las muestras de sedimentos recolectadas en un tramo del Río los Majomos arrojaron los siguientes resultados en cuanto al tamaño de grano; arenas de grano grueso (40,47%) a grano medio (39,79 %). que se clasifican con buen escogimiento, lo que se correlaciona con una circulación moderada de las aguas del río.

5. De acuerdo con el grado de redondez de mayor predominancia de las partículas que componen los sedimentos del río los Majomos, siendo estas subangulosos y Subredondeados, se puede deducir que las mismas han tenido poco transporte, es decir que se encuentran no muy retiradas de su fuente de origen, por ende el nivel de energía del río es de moderado a bajo y que los sedimentos provienen de lugares cercanos a su fuente de origen.

6. De acuerdo con los resultados mineralógicos obtenidos se puede constatar que el mineral de mayor predominancia en los sedimentos del río los Majomos es el Cuarzo con un (83,60 %) y en menor proporción una gama de minerales menores a (5 %) entre los cuales resalta la limonita con un (4.40 %) de acuerdo con estos resultados se puede deducir que el sedimento transportados por el río Los Majomos provienen de la Formación Mesa y en menor proporción del Complejo de Imataca.

Recomendaciones

1. Se recomienda que para futuros trabajos de investigación se plantee la toma de sedimentos aguas arribas del río Los Majomos con la finalidad de conocer más a detalle el origen de las partículas que conforman los sedimentos transportados.
2. Realizar análisis geoquímicos a los sedimentos para así descartar una posible presencia de minerales de interés económico.
3. Utilizar equipos de perforación para la extracción de núcleos de los domos para obtener muestras frescas de rocas ya que los mismos presentan un grado de meteorización avanzado.
4. Realizar análisis petrográficos para constatar a detalle la composición mineralógica de los afloramientos rocosos.

REFERENCIAS

Allen, J. (1998). **PRICIPLES OF PHYSICAL SEDIMENTOLOGY**. Allen & Unwin. Londres.

Balestrini A, Mirian. (2001). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Consultores Asociados Servicio Editorial. Caracas, Venezuela.

Betancourt, Orlando. (1998). **PLAN DE EXPLOTACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE LA ARENA LAVADA EN QUEBRADA LOS BÁEZ, SECCIÓN ADYACENTE A BIENHECHURÍAS DE MARÍA FLORES**, inédito, Ciudad Bolívar, Venezuela, pp. 5-80.

Brito, J. González, R. Salomón, M. Montes, L. y Vera, H. (1998). **FACIES CLASTICAS**. Universidad de Oriente – Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela, pp. 25-34.

Cañas, Ana (2005). **CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS SEDIMENTOS DEL RÍO CARONÍ**. Universidad de Oriente – Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela, pp 110.

Corporación Venezolana de Guayana – Instituto Nacional de Geología y Minería (C.V.G- INGEOMIN) (2004). **INFORME GEOLOGICO HOJA MARHUANTA (N° 7540) ESCALA 1:100.000**. Ciudad Bolívar, Venezuela, pp. 1 – 35.

García C, Oscar. (1981). **AMBIENTES SEDIMENTARIOS DE LA FORMACIÓN MESA: LOCALIDADES DE CIUDAD BOLÍVAR Y DISTRITO INDEPENDENCIA DEL ESTADO ANZOÁTEGUI**. Universidad de Oriente, Escuela de Geología y Minas, Ciudad Bolívar, Venezuela, trabajo de grado inédito.

Gonzales de Juana, Iturralde de Arosenia, J. M., Picard- Cadillet, X. (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Ediciones Foninves, Caracas. Tomos 1 y 2.

Gutiérrez, E. y Pérez, K. (2001) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SANTA BÁRBARA- BUENA VISTA- CAÑAFISTOLA**. Trabajo de Grado. U.D.O. Núcleo Bolívar. Escuela de Geología y Minas.

Hurtado de Barrera, Jacqueline. (2000) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN HOLÍSTICA**. Sypal, Caracas.

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

Méndez B, José. (2006) **PETROLOGÍA AMBIENTES SEDIMENTARIOS PDVSA INTEVEP FACULTAD CIENCIAS U.C.V**. Caracas- Venezuela, 1^{era} Ed, pp. 11-139.

Murria R, Spiegel. (1991) **ESTADÍSTICA** McGraw- Hill, Caracas- Venezuela, 2^{da} edición.

Nichols, G. (1999). **SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHY**. Blackwell Science. United Kingdom.

Petróleos de Venezuela S.A. Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (PDVSA-INTEVEP). (2005). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**, versión electrónica en cd.

Pettijohn, F.J. (1975). **SEDIMENTARY ROCKS**. Tercera edición Harper & Row, New York

Sabino, C. (1992) **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas: Panapo de Venezuela.

APÉNDICES

APÉNDICE A

**Curvas granulométricas de las muestras de sedimentos tomadas del río Los
Majomos**

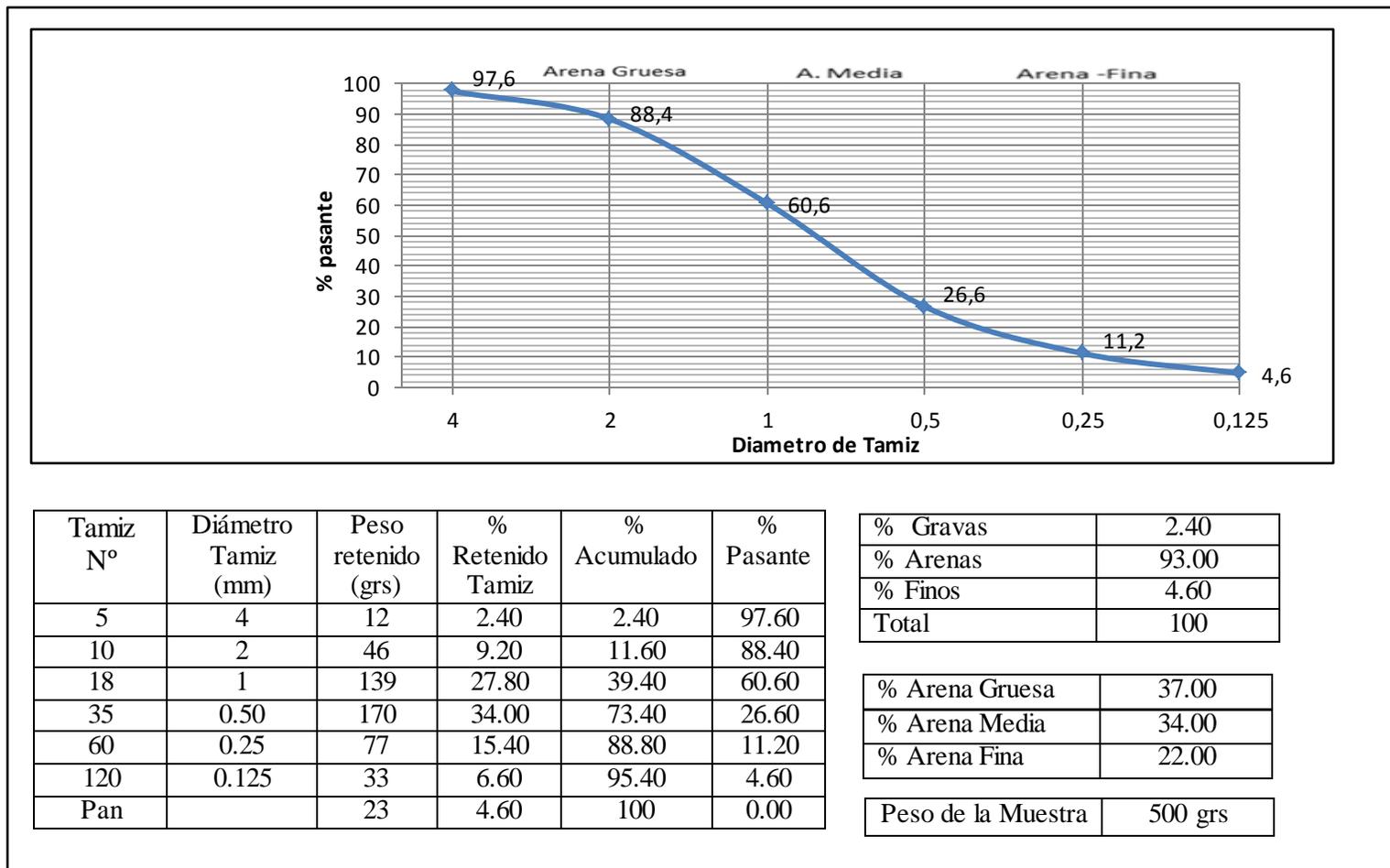


Figura A.1 Curva granulométrica de la muestra M1.

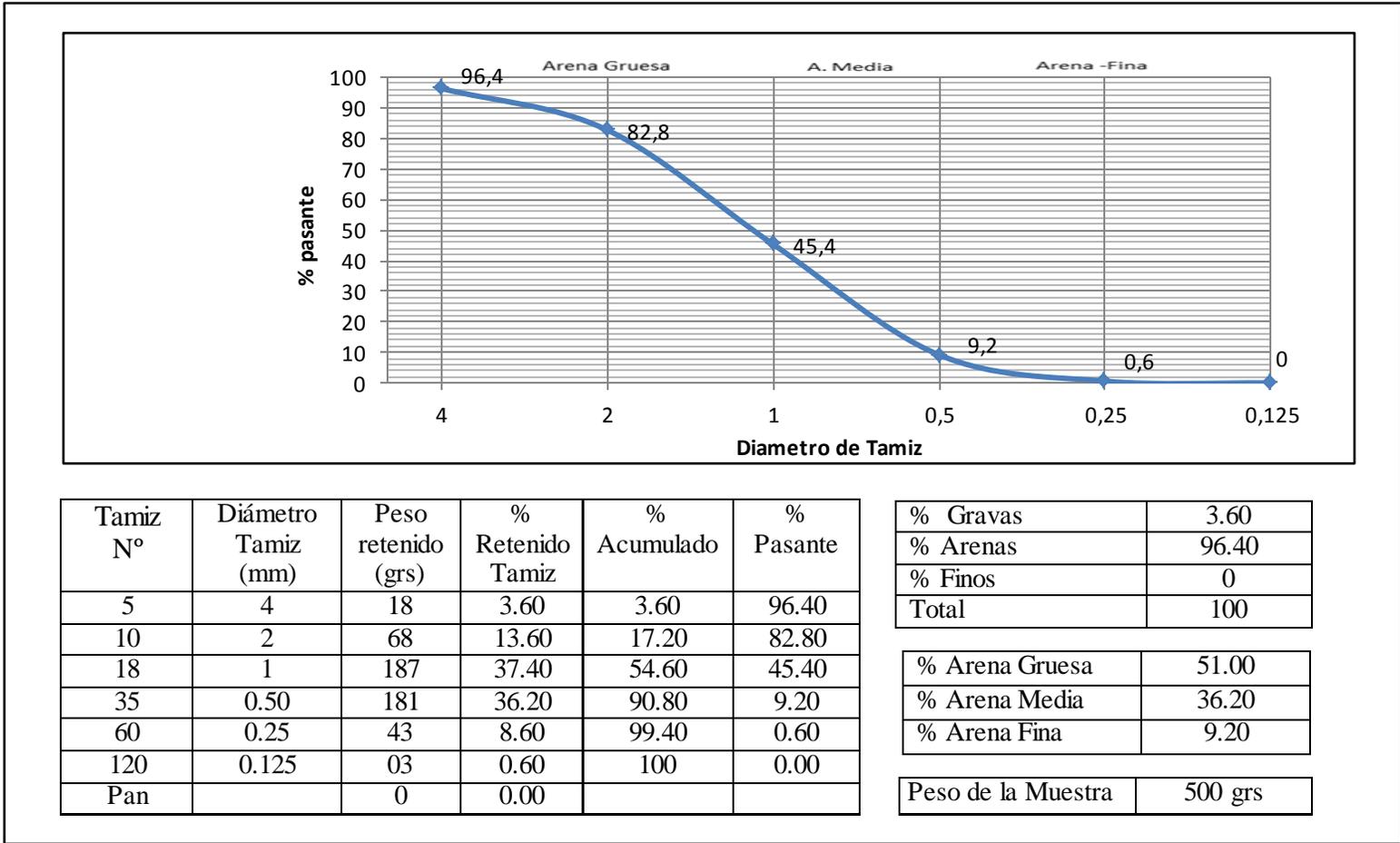


Figura A.2 Curva granulométrica de la muestra M2.

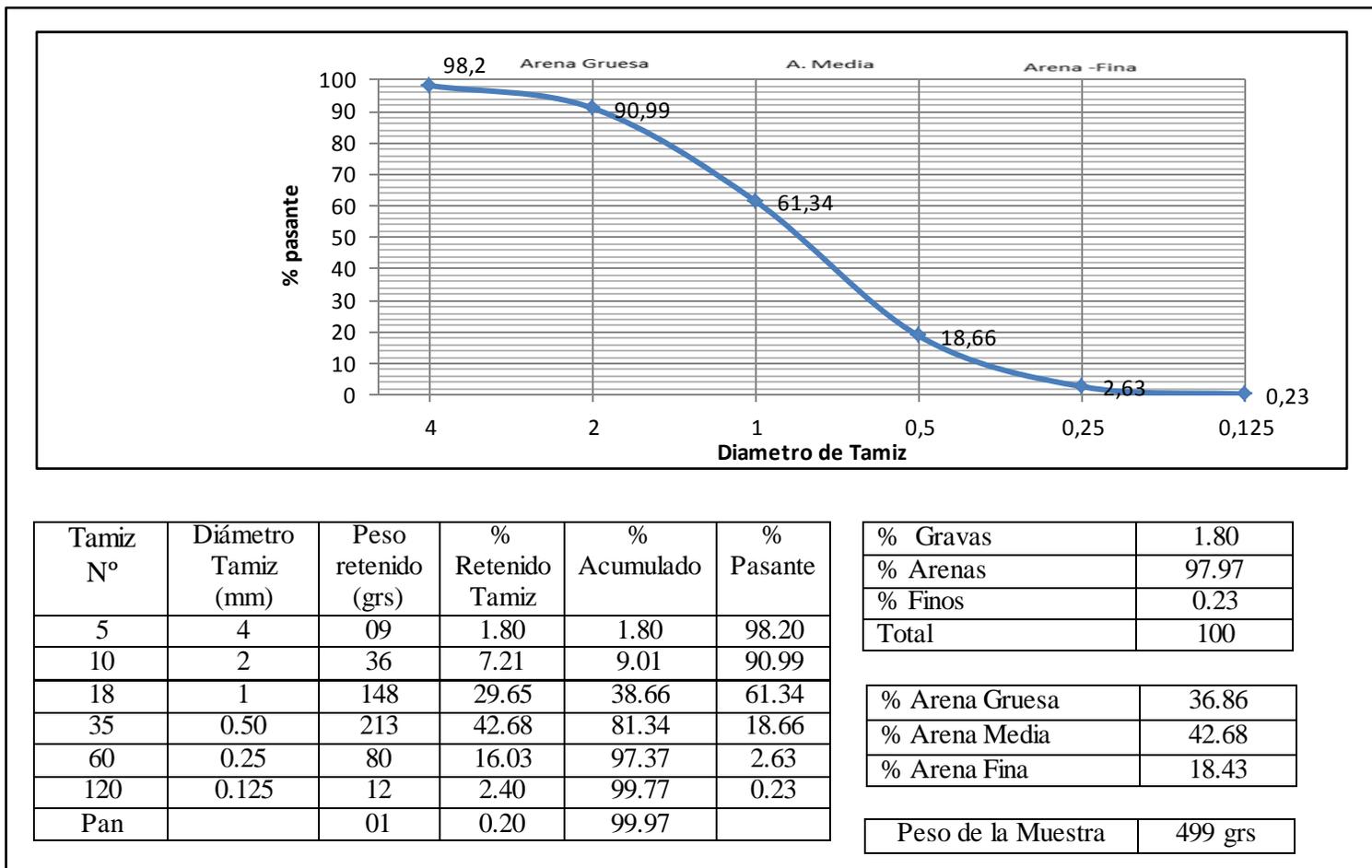


Figura A.3 Curva granulométrica de la muestra M3.

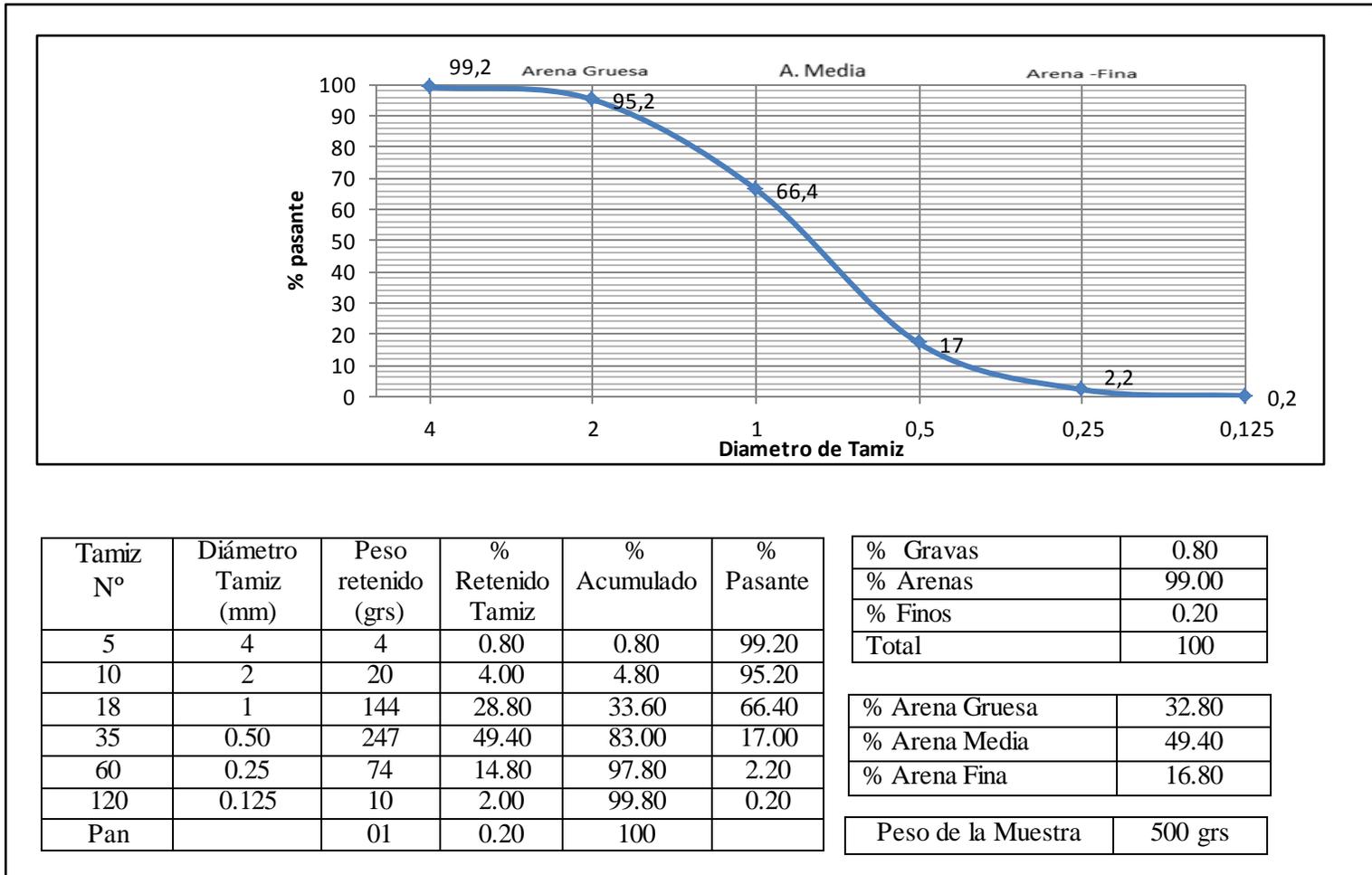


Figura A.4 Curva granulométrica de la muestra M4.

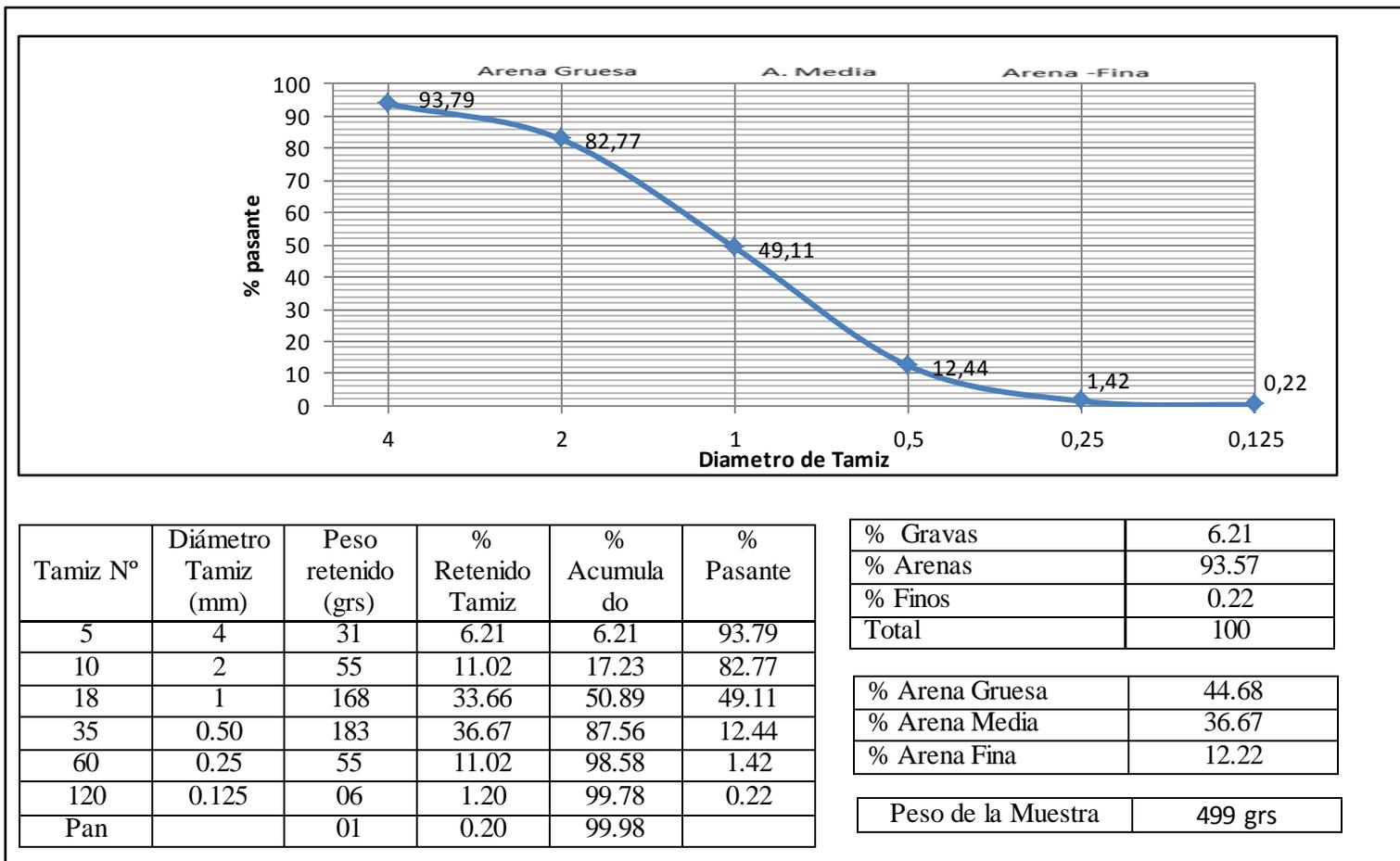


Figura A.5 Curva granulométrica de la muestra M5.

APÉNDICE B

**Análisis morfológicos de las muestras de sedimentos tomadas del río Los
Majomos**

Tabla B.1 Análisis morfológico de las muestras tomadas del río Los Majomos.

Muestra #	Malla	Angulosa	%	Sub-angulosa	%	Sub-redondeada	%	Redondeada	%	Bien redondeada	%	Total
01	35	08	2,0	162	40,5	208	52,0	22	5,5	0	0	400
02	35	12	3,0	170	42,5	194	48,5	19	4,8	0	0	400
03	35	22	5,5	175	43,8	181	45,3	17	4,3	0	0	400
04	35	32	8,0	177	44,3	176	44,0	15	3,8	0	0	400
05	35	42	10,5	188	47,0	158	39,5	12	3,0	0	0	400
Total		116		872		917		65		0	0	2000

APÉNDICE C

**Análisis mineralógico de las muestras de sedimentos tomadas del río Los
Majomos**

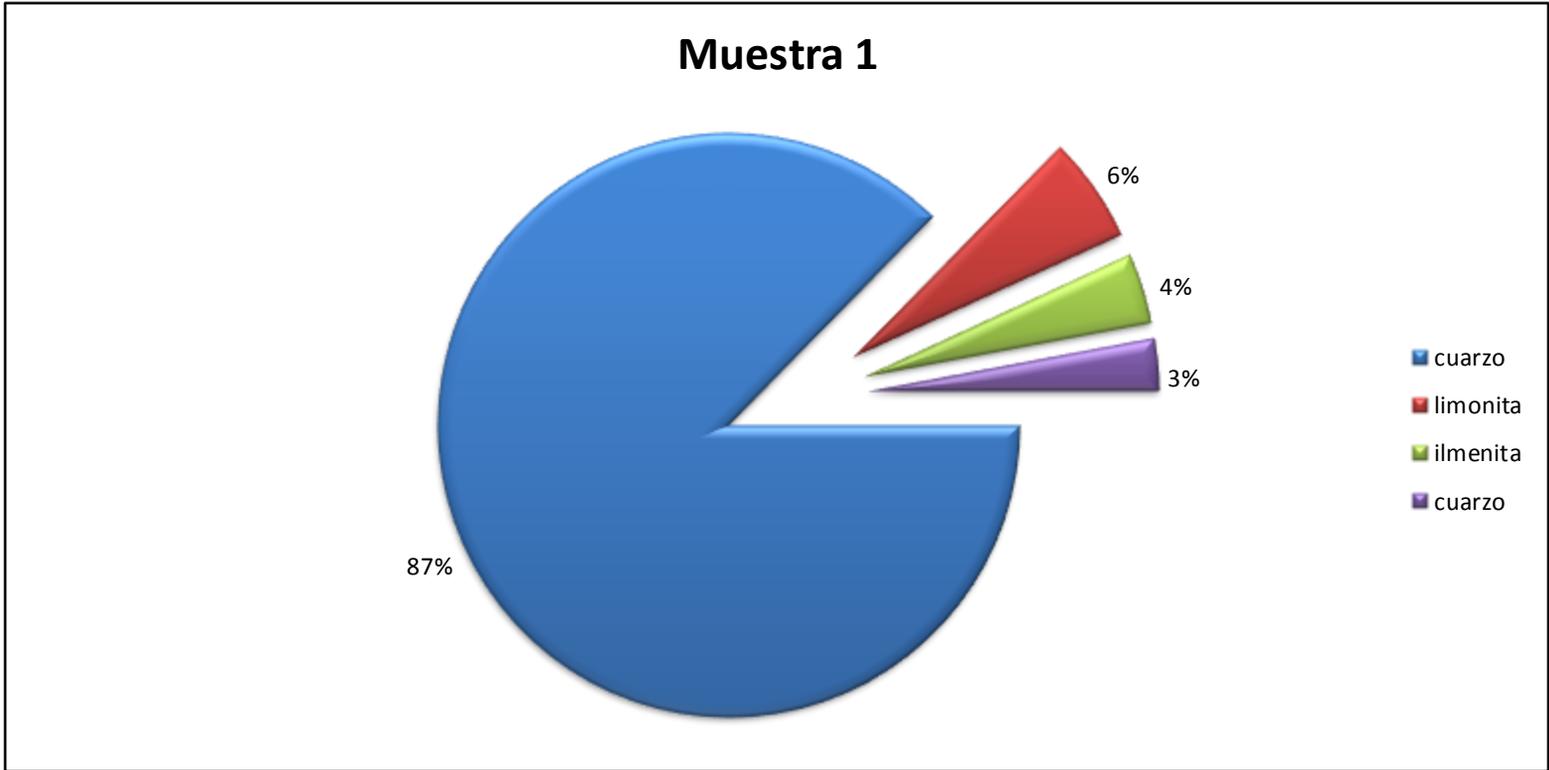


Figura C.1 Análisis mineralógico, muestra M1.

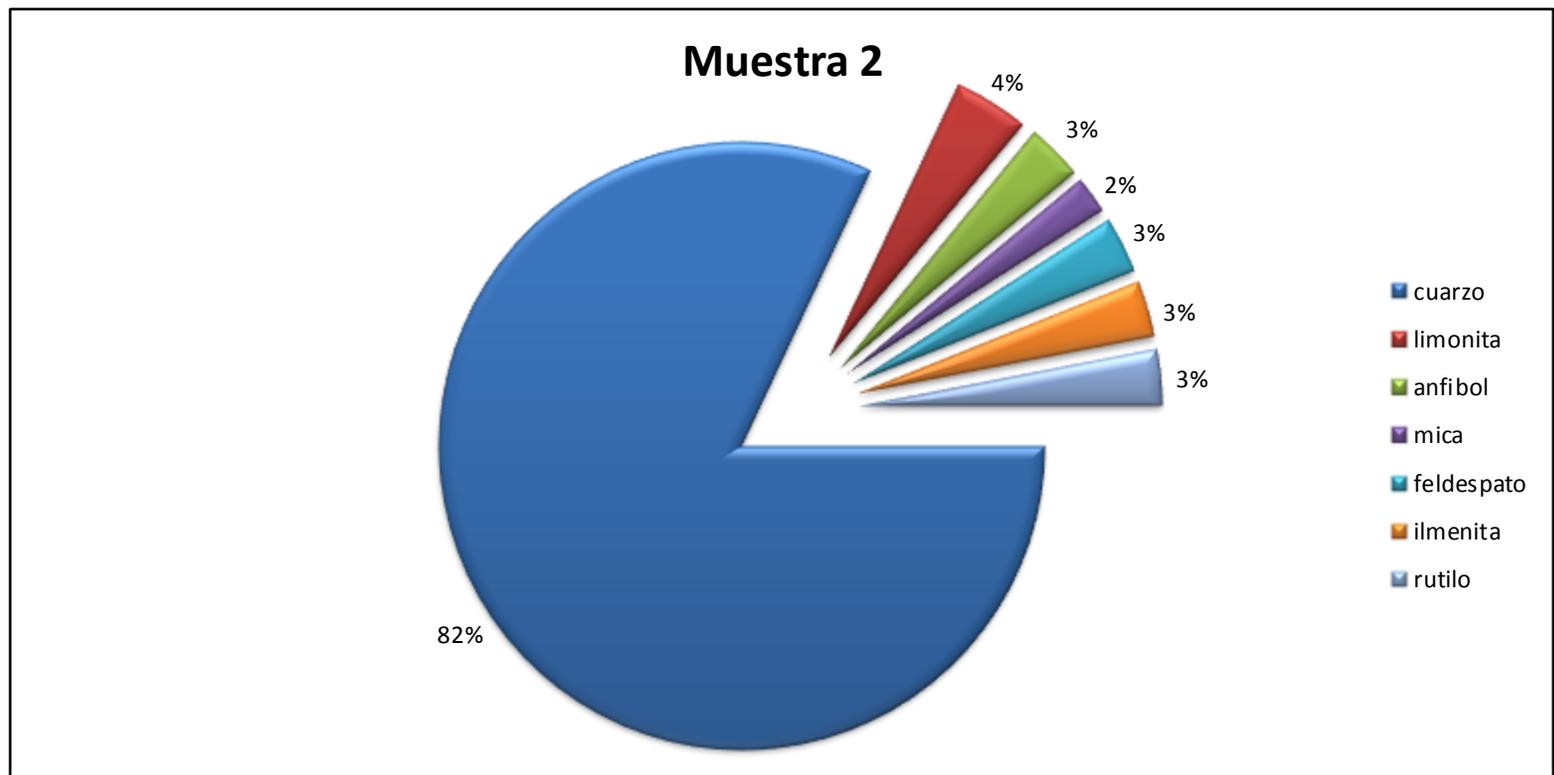


Figura C.2 Análisis mineralógico, muestra M2.

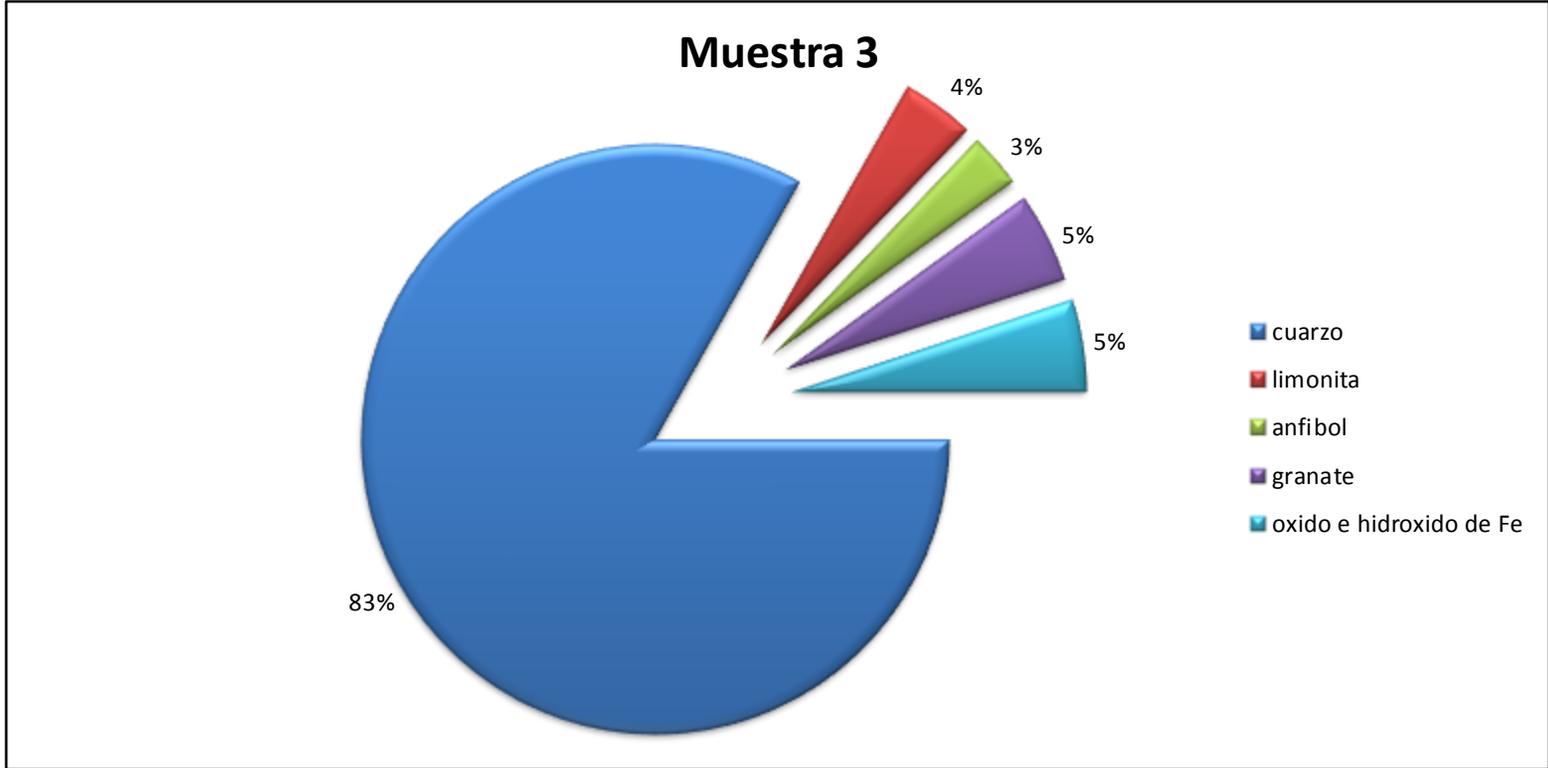


Figura C.3 Análisis mineralógico, muestra M3.

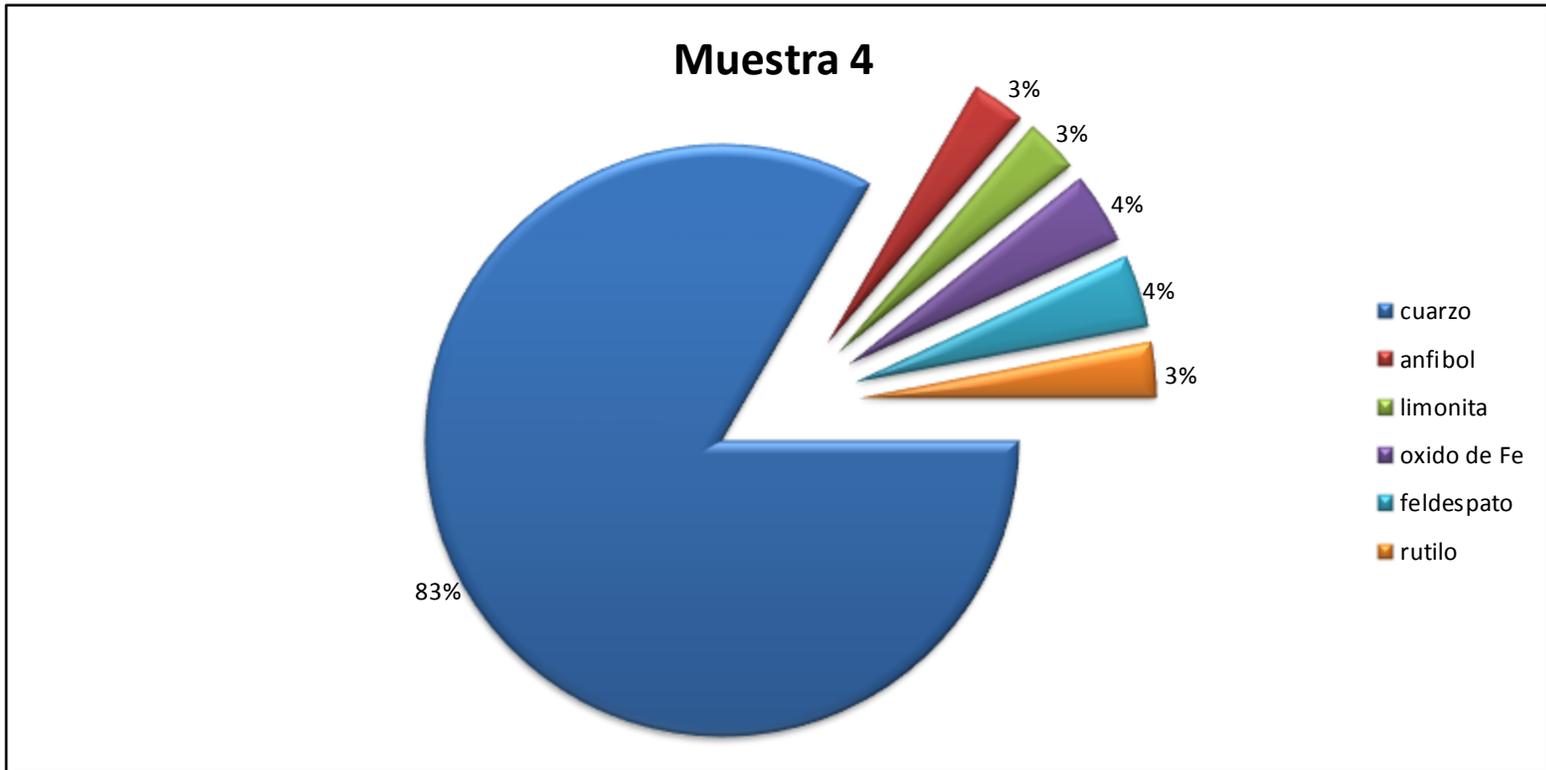


Figura C.4 Análisis mineralógico, muestra M4.

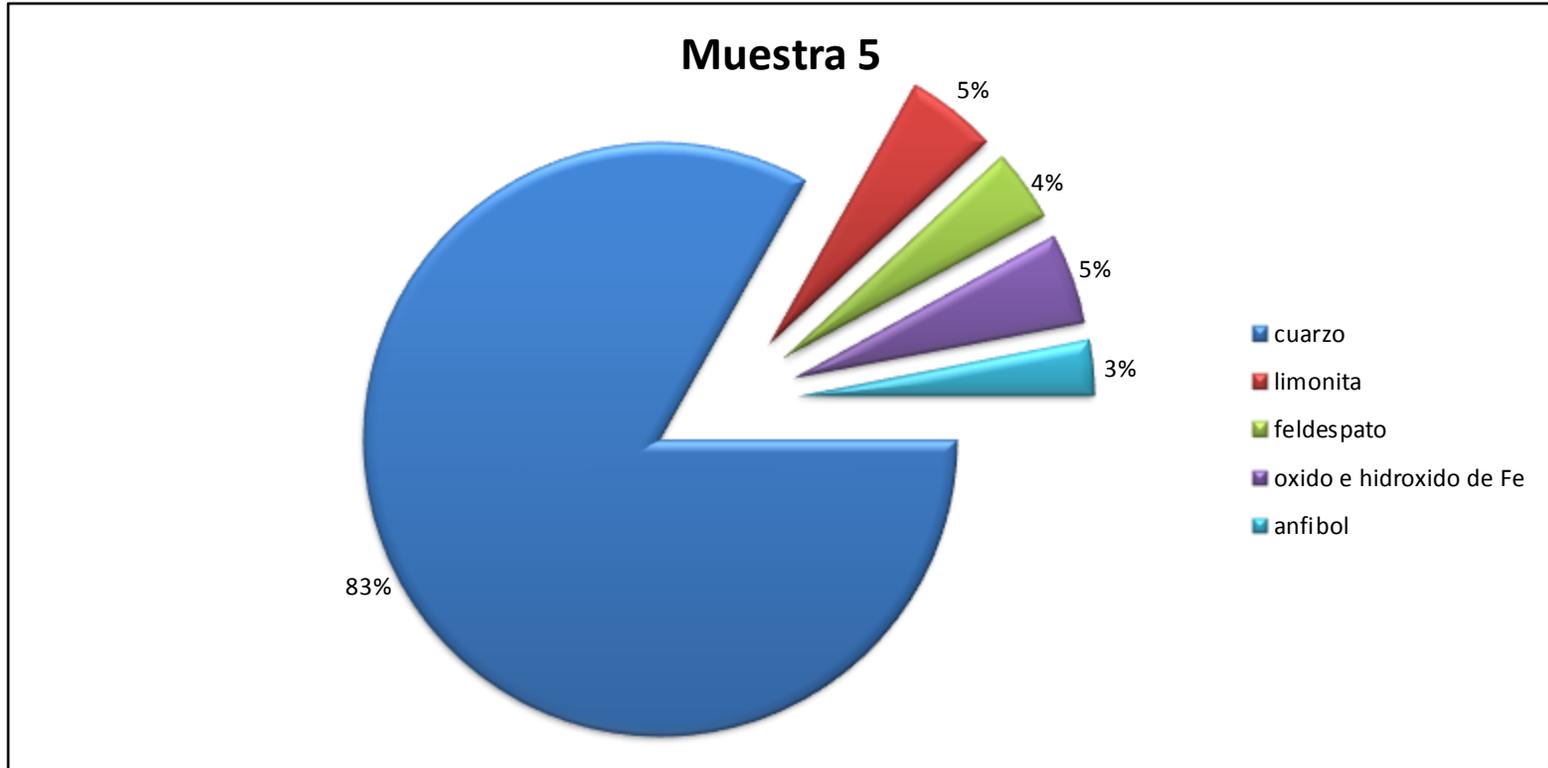


Figura C.5 Análisis mineralógico, muestra M5.

ANEXOS

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

Título	“ESTUDIO GEOLÓGICO DEL RÍO LOS MAJOMOS Y DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL KILOMETRO 48 Y 49 DE LA AUTOPISTA CIUDAD BOLÍVAR - PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR.”
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Rendón A. Marcos A.	CVLAC	19.298.201
	e-mail	marcos_rendon23@hotmail.com
	e-mail	
Riobueno T. Renny J.	CVLAC	18.622.388
	e-mail	renny_riobueno@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Estudio
Sedimentos
Domo
Afloramientos
Xenolitos

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología	Geología

Resumen (abstract):

Este trabajo de investigación se realizó en la autopista Ciudad Bolívar-Puerto Ordaz, Estado Bolívar, específicamente a la altura del kilómetro 48 y 49, con la finalidad de realizar un estudio geológico a través de una exploración del área. Para ello se planteó una metodología en cuatro etapas, tales como Etapa 1; consistió en la recopilación de información bibliográfica y cartográfica con el fin de obtener información acerca del área de estudio y planificación del trabajo de campo. Etapa 2; reconocimiento y delimitación del área de estudio con GPS, levantamiento geológico el cual consistió en la toma de tres (3) muestras de rocas y cinco (5) muestras de sedimentos del río Los Majomos, lo que permitió determinar tres unidades geológicas en la zona, que de mayor a menor edad son: Complejo Geológico de Imataca, Formación Mesa y Sedimentos Recientes así como también el levantamiento del drenaje con GPS, además de la toma de fotos de la vegetación y la geomorfología. Etapa 3; se refiere a los análisis granulométricos, morfológicos y mineralógicos de cinco (5) muestras de sedimentos, los dos (2) primeros se llevaron a cabo en el laboratorio de sedimentología de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar y el tercero se llevó a cabo en el Instituto Geológico Minero (INGEOMIN) así como también el análisis macroscópico de tres (3) muestras de rocas. Por último, la Etapa 4; en esta se realizó el análisis e interpretación de la información obtenida en campo y de laboratorio y se digitalizó el mapa geológico. El Complejo Geológico de Imataca está representado por Chamockitas y Granulitas de edad Precámbrica; mientras que la Formación Mesa de Edad Pleistoceno está compuesta principalmente por arenas y en menor cantidad gravas cuya granulometría decrece de base a tope, con un color que varía de amarillento a rojizo, y los sedimentos recientes de edad Holoceno que se presentan en los márgenes, fondo y las adyacencias del río Los Majomos, producto principalmente de la erosión de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales tienen una granulometría de arenas de grano grueso (40,49%) a medio (39,79%) que se clasifican con buen escogimiento, lo que se correlaciona con una circulación moderada de las aguas del río; además las formas predominantes de las partículas tamaño arena son subangulosa (43,60%) y subredondeada (45,85 %), lo que indica que las arenas provienen de lugares cercanos, como de la Formación Mesa. Así mismo los sedimentos están compuestos principalmente por Cuarzo (83,60%) y en menor cantidad porcentual Ilmenita (4,40%), Anfíbol, Feldespato, Rutilo, Biotita, Granate, Limonita, lo que indica que los sedimentos provienen tanto de la Formación Mesa como de la Provincia Geológica de Imataca.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Jacques Edlibi	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	edlibijacques@hotmail.com
	e-mail	
Iris Marcano	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Francisco Monteverde	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
2013	06	25

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis- Estudio Geológico del río Los Majomos y del sector comprendido entre el kilómetro 48 y 49.Doc

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

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Geología

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Departamento de Geología

Otra Institución que garantiza el Título o grado: Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Curvelo
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

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

JABC/YGC/maruja

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

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



AUTOR 1



AUTOR 2



TUTOR