

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL
FUNDO VILLA RODEO, SECTOR PRADO DEL ESTE,
PARROQUIA PANAPANA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL
ORINOCO ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES NATASHA N.
BACA V. Y JULIAN J. DIAZ P.
PARA OPTAR A LOS TÍTULOS
DE INGENIERO GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE DEL 2023



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado titulado: "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL FUNDO VILLA RODEO, SECTOR PRADO DEL ESTE, PARROQUIA PANAPANA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO ESTADO BOLIVAR, VENEZUELA". Presentado por los bachilleres: NATASHA N. BACA V., portadora de la cédula de identidad No. V-26.139.303, y JULIAN J. DIAZ P., portador de la cédula de identidad No. V-24.620.484, como requisito parcial para optar a los títulos de INGENIERO GEÓLOGO, ha sido APROBADO, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Apellidos y nombres:

Prof. Rivadulla, Rosario
(Asesor)

Prof. González, Jose Simón
(Jurado)

Prof. Berenice, Sandoval
(Jurado)

Prof. Monteverde, Francisco
Jefe del Dpto. de Ingeniería Geológica

Firma:

Prof. Monteverde, Francisco
Director de la Esc. de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 18 días del mes de noviembre del año 2023

DEDICATORIA

Primeramente se lo dedico a Dios toda la Gloria y Honra que sea para él. A mi papá Luis Alberto Baca por ser mi pilar y creer en mí desde el principio de la carrera. En segundo lugar a mi esposo Jules Minet por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento. Seguido de mis hermanos Johnar, Luis Alberto, y Luis Enrique por darme una palabra de aliento cada vez que lo necesitaba. A mis sobrinos Victor, Sophia, Samantha, Ethan, Sebastian, Dara, Aitana, Nathan y Franchesca ya que ustedes son mi más grande fuente de inspiración y felicidad, en general se la dedico a mis amigas y cuñadas por siempre estar pendiente de mis avances, a mis tías por el apoyo en mis momentos más vulnerables, a todos mis amigos y compañeros que estuvieron desde el inicio de la carrera y a los que fui conociendo en el trayecto de ella.

Por último pero la más especial dedicatoria a la memoria de mi mamita MIRIAM VACCARO MARIN, quien fue mi compañera y mejor amiga en este ciclo, quien siempre me dio su dedicación y su amor. De aquí al cielo: Lo logramos MAMÁ.

NATASHA N. BACA V.

Primero que nada se lo dedico a Dios, por estar conmigo en cada paso para lograr este objetivo. En segundo lugar a mis padres, Efren Ramon Díaz y Carmen Elena Piñango por apoyarme desde el primer día en todo este camino. A mis hermanos Efren y Adriana por ambos poner su grano de arena para lograr todo esto. Por otra parte se los dedico a mis otros familiares por estar para mí, cuando fue necesario. Además gracias a todos los amigos que hice a lo largo de la carrera y a sus familiares que me abrieron las puertas de sus casas en momentos de estudio.

JULIAN J. DIAZ P.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios Todopoderoso por darnos la fuerza, el coraje y perseverancia para poder culminar esta meta tan significativa en nuestra vida.

Gracias a los ingenieros Rosario Rivadulla y Jose Urbina por todo su tiempo, apoyo y conocimiento. A todas las personas que colaboraron con un granito de arena para poder culminar este trabajo con éxito y de igual forma a la casa más alta (UDO-Núcleo Bolívar) por brindarnos todos los conocimientos adquiridos.

NATASHA N. BACA V.

JULIAN J. DIAZ P.

RESUMEN

El proyecto de investigación consiste en una caracterización geológica y estructural del fundo Villa Rodeo, Sector Prado del Este, parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco estado Bolívar, Venezuela. La estrategia adoptada es de nivel descriptivo, con un diseño de investigación de campo y documental para la cual se utilizó una metodología que incluye los aspectos siguientes: la descripción de las características físico - naturales del área, la identificación de las unidades geológicas y las estructuras de la zona mediante el levantamiento geológico de superficie, la clasificación de las estructuras geológicas asociadas a las rocas, la descripción macroscópica de las rocas aflorantes en el fundo Villa Rodeo, la clasificación de los suelos de acuerdo a las normas ASTM-D-2487-00, la descripción de los sedimentos a través del levantamiento de columnas sedimentológicas, y la elaboración de un mapa geológico estructural basado en el levantamiento geológico, usando AutoCAD 2012. Para el logro de los objetivos se realizó el levantamiento de 2 columnas sedimentológicas con la apertura de 2 calicatas, donde se recolectaron (3) muestras de sedimentos; además de (9) muestras de rocas. Entre los resultados más relevantes obtenidos tenemos en primer lugar; las características físico naturales donde se observó que en el fundo Villa Rodeo se encuentran grandes afloramientos y bloques dispersos de diferentes tamaños que presentan meteorización esferoidal a nivel de superficie, con vegetación típica de sabana, y en menor proporción gramíneas. En la zona se identificaron dos unidades geológicas bien definidas que son: Complejo de Imataca y Suelos Residuales. Las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas con direcciones predominantes $N40^{\circ}-70^{\circ}W$, $N10^{\circ}E$, y $S10^{\circ}-80^{\circ}W$, las foliaciones con direcciones $N54^{\circ}-68^{\circ}W$ con buzamiento $15^{\circ}-25^{\circ}NE$, y los Sills de cuarzo cuya dirección predominante es $N12^{\circ}-83^{\circ}W$, con espesores promedio que van desde los 2 cm hasta 4 cm. Macroscópicamente los afloramientos rocosos del fundo Villa Rodeo están compuestos por rocas metamórficas, de las (9) muestras, se identificaron (3) como Gneis Granítico, (3) Gneis Feldespático, (2) Gneis y un (1) Gneis cuarzo feldespático, de colores rosado, blanco y gris en su mayoría de textura de grano grueso y de grano fino a medio foliadas. Los suelos que conforman el área de estudio fueron clasificados como arenas mal graduadas de simbología (SP) y arenas limosas de simbología (SP-SM) de partículas finas a medias. El análisis mediante las columnas sedimentológicas mostraron que en la primera columna se tiene dos estratos, donde en la base es de arena de grano muy fino a fino de color negro a marrón y en el tope arena de grano medio a fino con presencia de limo de color amarillo y con tonalidades de color blanco; en la segunda solo se tiene un solo estrato, de arena media limosa de color marrón con presencia de tonos rojizos producto de la oxidación de hierro. En las 2 columnas no se observaron estructuras sedimentarias pero si presencias de raíces. De acuerdo con el mapa geológico se encuentran los Suelos Residuales que abarca alrededor del 40% del área y las rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 58% del total del área.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Alcance de la investigación	4
1.5 Limitaciones de la investigación	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	6
2.2 Acceso al área de estudio	7
2.3 Características del medio físico-natural	8
2.3.1 Clima	8
2.3.2 Geología regional	16
2.3.3 Geología local	17
2.3.4 Caracterización hidrológica	24
2.3.5 Suelos	24
2.3.6 Geomorfología	26
2.4.1 Vegetación	27

CAPÍTULO III	29
MARCO TEÓRICO	29
3.1 Antecedentes de la investigación.....	29
3.1 Fundamentos teóricos	31
3.2.1 Granulometría (Método Vía Seca).....	31
3.2.2 Clasificación de suelos.....	34
3.2.3 Clasificación de los suelos según las normas ASTM-D2487-00.....	35
3.2.4 Clasificación de las rocas metamórficas	37
3.3 Definición de términos básicos	39
3.3.1 Formación geológica.....	39
3.3.2 Diques	40
3.3.3 Sill.....	40
3.3.4 Suelo	40
3.3.5 Suelos residuales.....	40
3.3.6 Roca	42
3.3.7 Sedimentos.....	42
3.3.8 Foliación	43
3.3.9 Mapa geológico.....	44
3.3.10 Erosión	44
3.3.11 Meteorización	45
3.3.12 Rumbo.....	45
3.3.13 Buzamiento	45
CAPÍTULO IV	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
4.1 Tipo de investigación.....	46
4.1.1 Investigación descriptiva	46
4.1.2 Investigación exploratoria.....	46
4.2 Diseño de la investigación.....	47
4.2.1 Diseño de la investigación de campo.....	47
4.2.2 Diseño de investigación documental	48
4.3 Población y muestra de la investigación	48
4.3.1 Población de la investigación	48
4.3.2 Muestra de la investigación	48
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
4.4.1. Revisión bibliográfica.....	49
4.4.2. Observación directa	49
4.4.3. Instrumentos para la recolección de datos	50
4.5 Flujograma de la investigación.....	51

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	52
4.6.1 Etapa I Recopilación de información.....	52
4.6.2 Etapa II trabajo de campo	53
4.6.3 Etapa III trabajo de laboratorio.....	56
4.6.4 Etapa III trabajo de oficina	58
CAPÍTULO V	60
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	60
5.1 Descripción de las características físico - naturales del área	60
5.2 Unidades geológicas y estructuras presentes en el área de estudio	62
5.3 Descripción macroscópica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Villa Rodeo.....	64
5.4 Clasificación de las estructuras geológicas	68
5.4.1 Familias de diaclasas	69
5.4.2 Foliación	69
5.4.3 Sills de cuarzo.....	70
5.5 Clasificación de los suelos de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00.	71
5.6 Columnas estratigráficas del fundo Villa Rodeo	75
5.6.1 Calicata 1	75
5.6.2 Calicata 2	76
5.7 Mapa geológico estructural	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
Conclusiones	78
Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS	81
ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del área de estudio (imágenes de Google, hoja de Marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000 año 2005 y foto del área de estudio).....	6
2.2 Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2023).....	7
2.3 Estación meteorológica de la F.A.V ubicada en el aeropuerto de Ciudad Bolívar.....	8
2.4 Distribución temporal de la precipitación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	9
2.5 Distribución temporal de la evaporación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	10
2.6 Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	11
2.7 Distribución temporal de la radiación solar media mensual en Cal/cm ² .min durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	12
2.8 Distribución temporal de la insolación media mensual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	13
2.9 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	14
2.10 Distribución temporal de la velocidad media del viento mensual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	15
2.11 Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza V. 2005)..	16
2.12 Extensión de Provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005)..	18
2.13 Edades reconocidas dentro del Complejo de Imataca (Teixeira, Tassinari, & Mondin, 2002).....	20
2.14 Unidades o fajas litotectónicas mayores que conforman el Complejo de Imataca (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980).....	21
2.15 Mapa geológico del Complejo de Imataca al Oeste del río Caroní (Dougan, 1972, en, González de Juana et al.,1980).....	21
2.16 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997).....	22
2.17 Suelo observado del área de estudio.....	26

2.18	Formaciones arbustivas encontradas en el área de estudio, vegetación de sabana.....	28
2.19	Formaciones arbóreas encontradas en el área de estudio, vegetación de bosques de galería.....	29
3.1	Tamizado para la clasificación de un suelo (Imagen de Google).....	32
3.2	Diferentes curvas granulométricas de los suelo (Bosch, M. 2017)....	33
3.3	Rocas metamórficas foliadas (Maldonado Y., 2021).....	37
3.4	Rocas metamórficas no foliadas (Maldonado Y., 2021).....	38
3.5	Esquema general de una ladera en un suelo residual de granito (Reading, A. 1999).....	41
3.6	Muestras de los tipos de foliación (Pozo y otros, 2007).....	44
4.1	Flujograma de actividades de las etapas de la investigación.....	51
4.2	Vista satelital de la distribución de los puntos levantados en el fundo Villa Rodeo.....	54
4.3	Toma de muestras de rocas de los afloramientos rocosos a nivel de superficie (A - B) y Etiquetando muestras de roca (C).....	55
4.4	Apertura de calicata 1 (A) y Calicata 1 (E: 457410.797; N: 890550.480) (B).....	56
4.5	Etapas del análisis granulométrico. Homogenizado de muestra (A) y Pesado de tamiz (B).....	57
4.6	Análisis Macroscópico. Observando los minerales (A) y observando las características de la muestra (B).....	57
5.1	Afloramientos rocosos a nivel de superficie (A) y afloramientos rocosos en bloques (B).....	60
5.2	Suelos residual (A) y Sills de cuarzo (B).....	60
5.3	Formación arbustivas (A) y Formación arbórea (B).....	61
5.4	Muestras de rocas de la estación 1. Gneis cuarzo feldespático (A) y Gneis Feldespático (B).....	64
5.5	Muestras de rocas de la estación 2. Gneis Granítico (A) y Gneis de grano grueso (B).....	65
5.6	Muestra de roca de la estación 3. Gneis feldespático.....	66
5.7	Muestra de roca de la estación 4. Gneis Granítico.....	66
5.8	Sistema de diaclasas conjugadas en la estación 3 del tercer afloramiento (A) Medición de abertura de diaclasa en el primer afloramiento de la estación 1 (B).....	69
5.9	Sills de cuarzo (A) y medición de longitud de un Sills de cuarzo (B). Ambas en el tercer afloramiento de la estación 3.....	70
5.10	Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA1-E1 de la estación 5.....	72
5.11	Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA1-E2 de la estación 5.....	73
5.12	Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA2 de la estación 6.....	74

5.13	Columna estratigráficas CA1 estación 5.....	75
5.14	Columna estratigráficas CA2 estación 6.....	76

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Distribución temporal de la precipitación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	9
2.2 Distribución temporal de la evaporación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	10
2.3 Distribución temporal de la temperatura media anual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	11
2.4 Distribución temporal de la radiación solar media anual en Cal/cm ² .min durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	12
2.5 Distribución temporal de la insolación media anual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	13
2.6 Distribución temporal de la humedad relativa media anual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	14
2.7 Distribución temporal de la velocidad media del viento anual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).....	15
3.1 (USCS (Unified Soil Classification System) en (Duque-Escobar, G, 2002).....	35
3.2 Sistema de clasificación de los suelos según las normas ASTM D2487-00 (Annual Book of ASTM Standards, 2003).....	36
4.1 Minuta de los puntos levantados en campo.....	54
5.1 Estaciones geológicas levantadas.....	63
5.2 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de los afloramientos del fundo Villa Rodeo.....	67
5.3 Descripción de estructuras geológicas.....	68
5.4 Ubicación de las muestras de suelos.....	71

LISTA DE ANEXOS

- 1) Mapa geológico estructural del área de estudio

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de Mendoza, V. (2012) el Escudo de Guayana es una Provincia fisiográfica que constituye el 45% de la superficie territorial total de Venezuela, esta región está constituida por las rocas más antiguas en la geocronología del territorio venezolano. Además este escudo está compuesto por cuatro provincias geológicas, de la más joven a la más antigua el orden sería: Roraima, Cuchivero, Pastora y Imataca. Por otra parte el Escudo de Guayana, es una de las regiones de Venezuela que se ha caracterizado por sus rasgos geológicos, estructurales y mineros. En este podemos encontrar un gran número de minerales, como el oro, hierro, bauxita, entre otros; teniendo en cuenta que no solo los minerales son abundantes en Guayana; en esta parte del país también se encuentran gran cantidad de rocas ígneas y metamórficas; entre ellos tenemos granitos, Gneises entre otros.

El presente trabajo muestra los resultados de la investigación geológica estructural realizada a los afloramientos ubicado en el Fundo Villa Rodeo, sector prado del este parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco estado Bolívar, Venezuela. En consecuencia, en este estudio se describirán las características físicas naturales del área, además se identificarán y clasificarán las unidades y estructuras geológicas presentes en dicho fundo. Por último una descripción macroscópica de las rocas aflorantes y elaboración de mapa geológico estructural de la zona.

Este proyecto está estructurado en 5 capítulos, siguiendo los lineamientos del manual de trabajo de grado de la Universidad de Oriente, núcleo Bolívar, donde en el primero de ellos se analiza la importancia del estudio, el segundo trata las generalidades del área, en el tercero se refiere a las bases teóricas utilizadas, mientras que el cuarto capítulo establece la metodología aplicada y en el quinto se analizan los resultados obtenidos, para finalmente pasar a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

En Venezuela, al sur del Orinoco se encuentra ubicado parte del escudo de Guayana, el cual está constituido por una de las formaciones geológicas más antiguas del mundo, que se divide en cuatro grandes provincias, como lo son: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima.

Podríamos resumir a continuación que las rocas que constituyen al escudo de Guayana están representadas en lo fundamental por rocas ígneas producidas por la solidificación magmática en los fondos de los mares primitivos, que posteriormente emergieron como grandes bloques continentales; luego el metamorfismo influyó en la transformación de partes de estas rocas, así como de otras formaciones que fueron apareciendo González de Juana y otros, (1980).

La Provincia Geológica de Imataca se encuentra en el extremo norte del estado Bolívar, que se caracteriza por sus cantidades de afloramientos de origen Ígneo y metamórfico que además está constituido por rocas cuyas edades alcanza los 3500 y 3600 m.a.

El presente estudio se hace con la finalidad de incrementar el conocimiento geológico estructural sobre el área que se está explorando. Igualmente se requiere realizar una descripción de las rocas pertenecientes a los afloramientos además de identificar las unidades geológicas y estructuras presentes en el área.

En vista de ello, se plantea como problemática de investigación la necesidad de conocer con mayor detalle de los afloramientos y la clasificación de los suelos del fundo Villa Rodeo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización geológica y estructural del fundo Villa Rodeo, sector Prado del Este, parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) Describir las características físicas naturales del área mediante inspección directa de campo.
- 2) Identificar las unidades y estructuras geológicas presentes en el fundo Villa Rodeo mediante un levantamiento geológico de superficie.
- 3) Realizar la descripción macroscópica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del área de estudio, mediante inspección de campo y apoyo bibliográfico
- 4) Clasificar las estructuras geológicas asociadas a las rocas presentes en el área de estudio.
- 5) Clasificar las muestras de suelos presentes en el área de estudio de acuerdo a las normas ASTM-D-2487-00.
- 6) Representar las características sedimentológicas del fundo Villa Rodeo en columnas estratigráficas.
- 7) Realizar un mapa geológico estructural basado en el levantamiento geológico.

1.3 Justificación de la investigación

La caracterización geo-estructural proporciona datos geológicos que ayudan a determinar los diferentes procesos mecánicos y deformaciones que actúan sobre los afloramientos en estudio, además de incluir información relevante acerca de los aspectos geomorfológicos y litológicos de la zona.

Por consiguiente, la escasa información geológica y cartográfica a nivel de detalle, motivan a la ejecución de la presente investigación. Con la finalidad de caracterizar geológica y estructuralmente el fundo Villa Rodeo, con la intención de aportar información geo-estructural del área para que de esta manera contribuya a estudios posteriores debido a que en la actualidad solo existe información a nivel regional.

1.4 Alcance de la investigación

Esta investigación tiene como fin principal caracterizar geológica y estructuralmente la zona del fundo Villa Rodeo, además de identificar las unidades geológicas y estructuras presentes en el área, con el objetivo de elaborar un mapa geológico estructural.

Seguido de una clasificación macroscópica de las rocas y de las estructuras asociadas; además de la clasificación de los suelos según el Sistema Unificado de Suelos, con la finalidad de aportar o ampliar la información de la data geológica del área estudiada, al mismo tiempo de proporcionar información útil para futuros estudios en el área de estudio o localizaciones cercanas a esta.

1.5 Limitaciones de la investigación

- 1) Escasa información y material bibliográfico, sobre trabajos de la zona.
- 2) La escasa información cartográfica en distintas escalas que permitan obtener información de manera más detallada de la zona de estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

A continuación, se describen los aspectos relacionados al área de estudio tales como: Ubicación geográfica, acceso al área de estudio, las características físico naturales y la geología regional y local de la zona de estudio.

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El fundo Villa Rodeo se ubica entre las coordenadas del Sistema Universal Mercator (UTM): E: 457409.532; N: 890692.432 y E: 457491.748; N: 890629.152 (Huso: 20, elipsoide de referencia: WGS84. Datum horizontal: Regven, Datum vertical: Nivel medio del mar) (Figura 2.1).

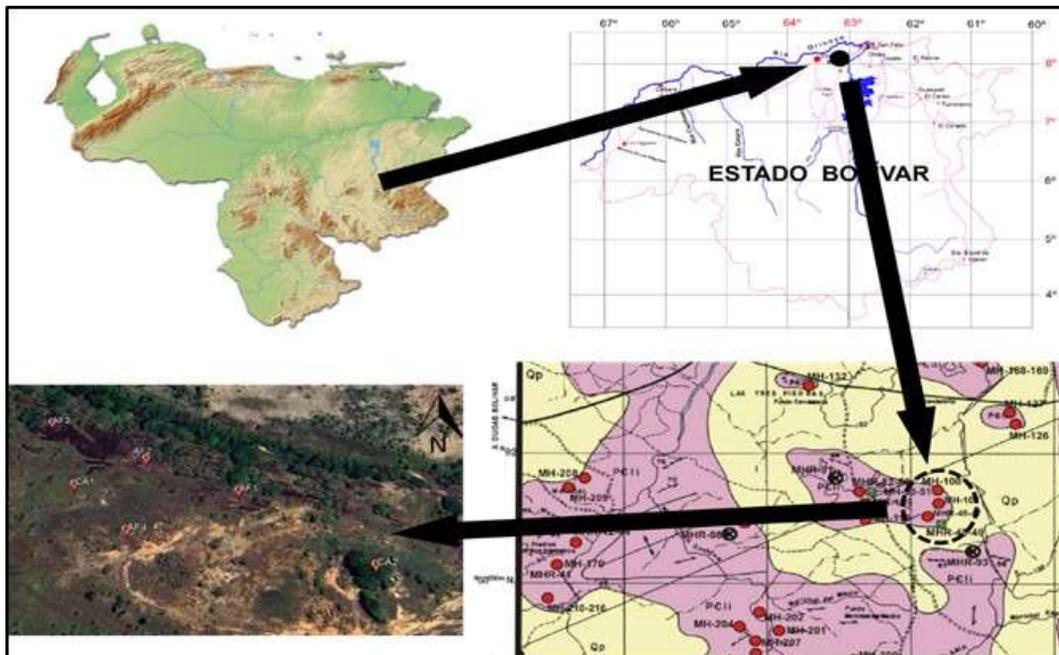


Figura 2.1 Ubicación del área de estudio (Fuente: imágenes de Google, hoja de Marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000 año 2005 e imagen satelital Landsat Google Earth, 2023).

Geográficamente, la zona estudiada se localiza sobre la margen derecha del río Candelaria, al sureste de Ciudad Bolívar en el estado Bolívar. Geopolíticamente, se encuentra dentro del municipio Angostura del Orinoco.

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso a la zona de estudio se realiza primeramente a través de la carretera Nacional asfaltada Troncal 19, vía La Encrucijada, hasta el sector Panapana aproximadamente se recorren 7 km desde el distribuidor de Marhuanta hasta el desvío que lleva al área de estudio. El recorrido desde el desvío hasta el fundo Villa Rodeo es de 4.5 km aproximadamente por un camino de tierra (Figura 2.2).



Figura 2.2 Vía de acceso a la zona de estudio en imagen satelital Landsat (Google Earth, 2023).

2.3 Características del medio físico-natural

2.3.1 Clima

Según la clasificación climática propuesta por Thornthwaite (1948), citado por la Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera (CVG Técnica Minera C.A. 1991); el área de estudio presenta un clima seco, semiárido con poco o ningún exceso de agua, mega térmico o cálido, caracterizado por un periodo de lluvia y otro de sequía, bien definido; y menos de 48% de concentración de la eficiencia térmica en verano.

Para la caracterización climática del sector Prado del Este del fundo Villa Rodeo de la parroquia Panapana, se realizó a partir del análisis de los datos correspondientes a las variables meteorológicas registradas en la estación del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana (F.A.V), de Ciudad Bolívar, serial 3882, (Figura 2.3). Ubicada en el aeropuerto de esta Ciudad, por ser esta la estación más cercana a la zona en estudio, dicha estación es de tipo C1 (registra precipitación, evaporación, temperatura, radiación, humedad relativa y velocidad media del viento).



Figura 2.3 Estación meteorológica de la F.A.V ubicada en el aeropuerto de Ciudad Bolívar.

A continuación, se describe el comportamiento de cada una de las variables climatológicas antes mencionadas.

2.3.1.1 Precipitación

Según los datos de la estación seleccionada, el área de estudio recibe una precipitación media de 83 mm y una precipitación total anual que se ubica en alrededor de los 1.000 mm aproximadamente (Tabla 2.1 y Figura 2.4).

Tabla 2.1 Distribución temporal de la precipitación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Total
Media	31	15	18	25	104	171	180	155	95	81	79	47	83	1.00
Máxima	194	91	111	126	226	357	357	300	210	165	184	212	211	
Mínima	0	0	0	0	29	14	16	6	20	5	8	7	9	
Desviación estándar	48	25	28	33	56	79	85	79	57	44	45	52	52	
Coefficiente de variación	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	

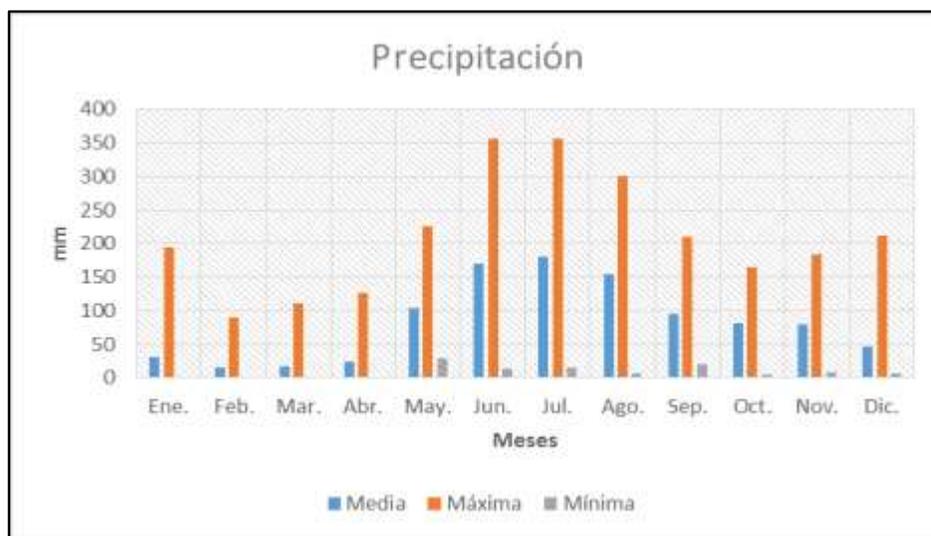


Figura 2.4 Distribución temporal de la precipitación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.2 Evaporación

En el área de estudio se registra una evaporación media total anual de 1.497 mm aproximadamente; según datos de la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar su distribución temporal de la evaporación de la media anual para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 125 mm (Tabla 2.2 y Figura 2.5).

Tabla 2.2 Distribución temporal de la evaporación total y media anual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media	Total
Media	145	160	183	170	128	88	88	93	102	115	102	123	125	1.497
Máximo	309	379	309	283	226	135	174	212	187	208	168	228	35	
Mínimo	12	14	14	16	14	9	7	8	9	10	13	12	11	
Desviación estándar	77	90	91	93	67	38	44	51	48	52	41	56	62	
Coefficiente de variación	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	

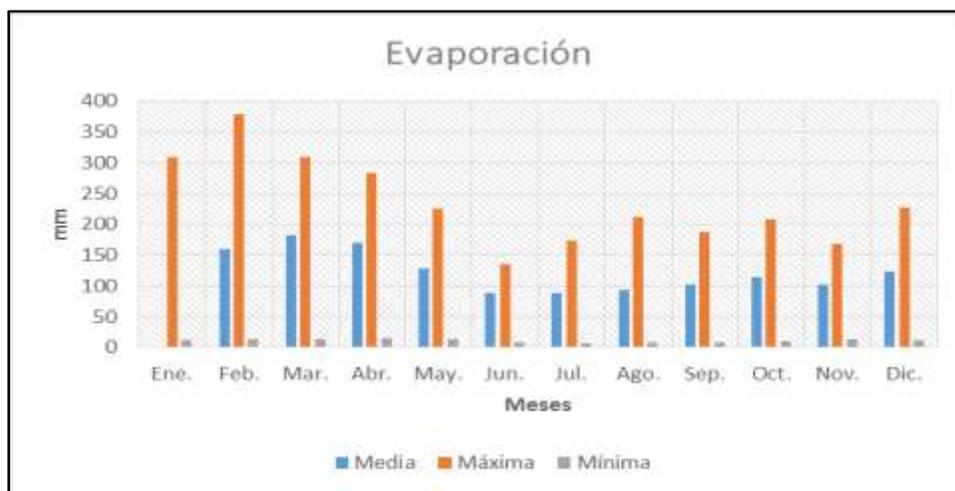


Figura 2.5 Distribución temporal de la evaporación media mensual en mm durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.3 Temperatura del aire

La temperatura media anual del aire para la zona es de 27,7° C aproximadamente, según la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar. La temperatura presenta un comportamiento bimodal; es decir, las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica marzo (28,2° C), abril (29,2° C) y mayo (28,5° C), con máximos secundarios durante el otoño astronómico septiembre (27,9° C), octubre (28,1° C) y noviembre (27,6° C) (Tabla 2.3 y Figura 2.6).

Tabla 2.3 Distribución temporal de la temperatura media anual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	26,7	27,2	28,2	29,2	28,5	27,2	27,0	27,3	27,9	28,1	27,6	27,0	27,7
Máximo	28,1	29,2	29,4	30,5	29,9	28,2	27,8	27,9	28,9	28,9	28,2	28,1	28,8
Mínimo	25,6	25,5	26,8	27,5	27,6	26,1	26,2	26,4	27,0	27,2	27,0	25,9	26,6
Desviación estándar	0,7	0,9	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6
Coefficiente de variación	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

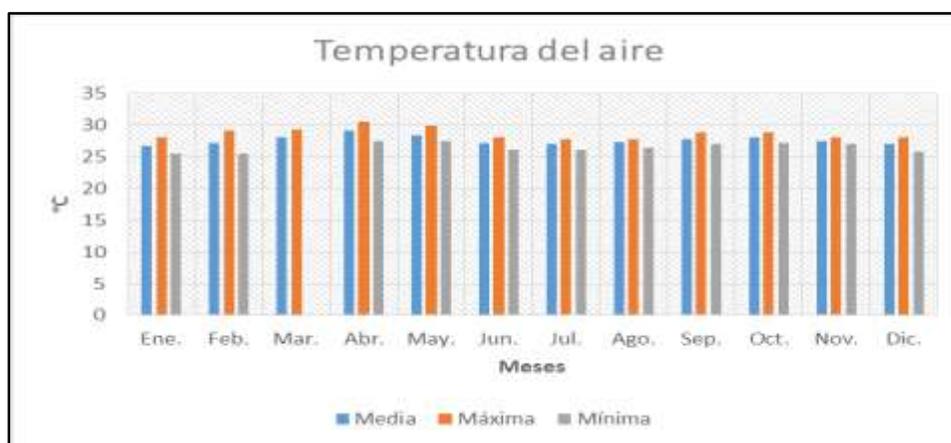


Figura 2.6 Distribución temporal de la temperatura media mensual del aire en °C durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.4 Radiación solar

El área de estudio recibe una radiación solar directa y difusa promedio anual equivalente a 16,39 Cal/cm².min, según datos de la estación del aeropuerto de Ciudad Bolívar la Distribución temporal de la radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (18,15 Cal/cm².min), abril (17,62 Cal/cm².min), agosto (17,58 Cal/cm².min) y septiembre (17,71 Cal/cm².min); coincidiendo con las épocas de equinoccios de primavera y de otoño, respectivamente (Tabla 2.4 y Figura 2.7).

Tabla 2.4 Distribución temporal de la radiación solar media anual en Cal/cm².min durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	15,54	16,84	18,15	17,62	15,56	15,18	16,37	17,58	17,71	16,47	15,22	14,41	16,39
Máximo	21,10	21,31	22,78	21,02	19,65	18,90	20,14	21,72	21,05	19,42	18,33	18,23	20,30
Mínimo	11,94	13,59	14,18	13,80	11,38	11,84	12,45	13,75	13,52	13,09	12,04	10,76	12,70
Desviación estándar	2,20	2,19	2,29	2,20	2,36	2,00	2,12	2,25	2,34	1,98	1,81	2,11	2,16
Coefficiente de variación	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,15	0,13

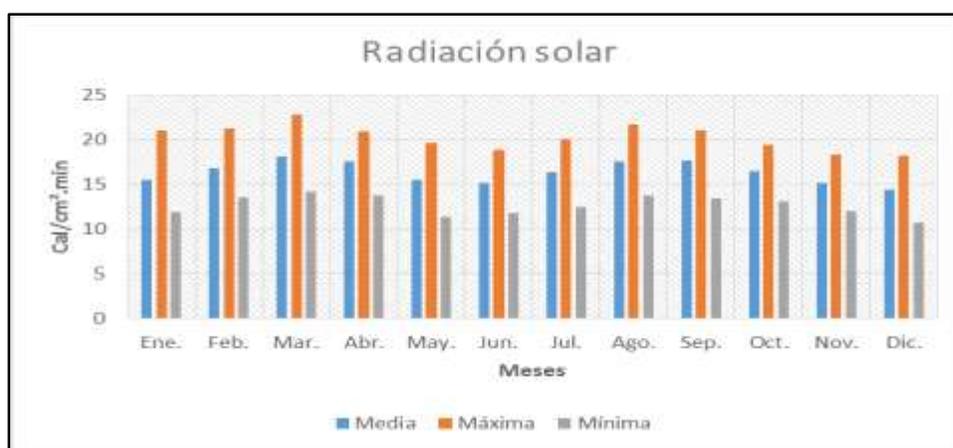


Figura 2.7 Distribución temporal de la radiación solar media mensual en Cal/cm².min durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.5 Insolación

El área recibe en promedio unas 7,5 horas de brillo solar; de acuerdo con datos de la estación climatológica del aeropuerto de Ciudad Bolívar para el período climatológico considerado (Tabla 2.5 y Figura 2.8). La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del Sol, de la nubosidad, de las precipitaciones y del estado de transparencia de la atmósfera.

Tabla 2.5 Distribución temporal de la insolación media anual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar)

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	7,3	7,8	8,2	7,8	6,9	6,4	6,9	7,4	8,0	8,1	7,7	7,5	7,5
Máximo	8,8	9,8	9,5	9,5	9,2	7,5	7,5	8,5	9,1	8,7	9,1	8,6	8,8
Mínimo	3,9	4,7	6,7	6,4	5,3	5,4	5,6	6,2	7,1	7,5	6,7	6,5	6,0
Desviación estándar	1,2	1,3	0,7	0,8	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8
Coefficiente de variación	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1

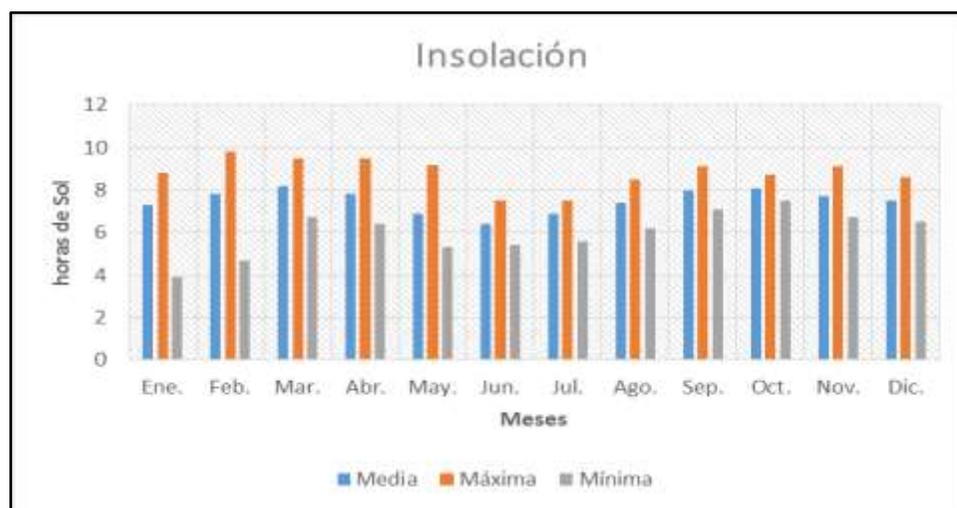


Figura 2.8 Distribución temporal de la insolación media mensual en horas de Sol durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.6 Humedad relativa

La humedad relativa media anual para la zona se ubica en 79%; según datos de la estación climatológica de la F.A.V en el aeropuerto de Ciudad Bolívar (Tabla 2.6 y Figura 2.9).

Tabla 2.6 Distribución temporal de la humedad relativa media anual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	78	75	72	73	77	84	85	83	80	80	81	81	79
Máximo	83	82	78	97	85	87	87	87	86	83	85	88	86
Mínimo	71	67	67	64	67	78	80	79	76	76	75	75	73
Desviación estándar	4	4	3	7	5	3	2	2	3	3	3	3	3
Coefficiente de variación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

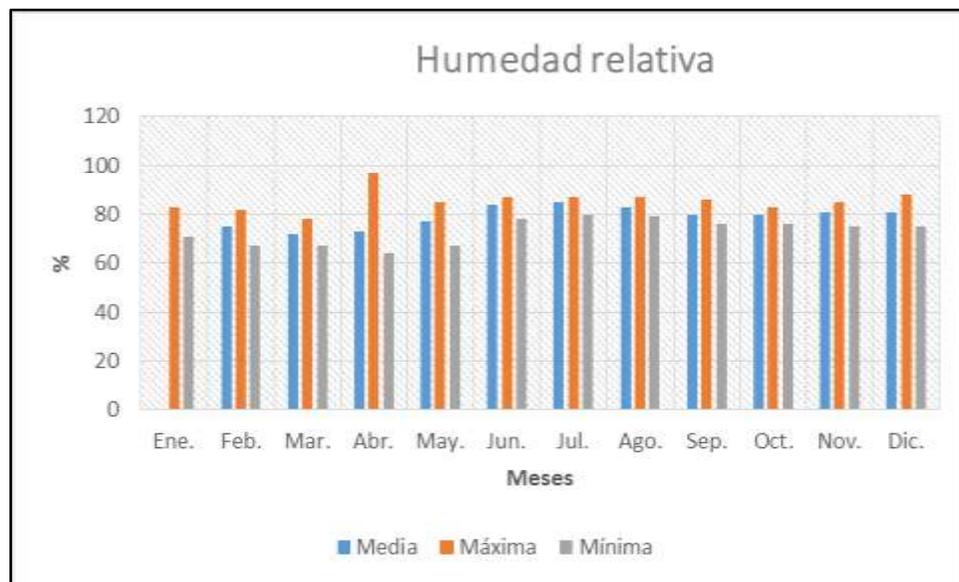


Figura 2.9 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en % durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.1.7 Velocidad del viento

La velocidad media anual predominante es de 11,8 km/h y su dirección prevaeciente es en sentido este-noreste (E-NE). Cabe resaltar, que la velocidad del viento es menor de julio a octubre, con mínimo en agosto (7,9 km/h), y máxima durante el mes de marzo (16,0 km/h) (Tabla 2.7 y Figura 2.10).

Tabla 2.7 Distribución temporal de la velocidad media del viento anual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

Estadística	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
Media	14,2	15,5	16,0	14,9	13,1	10,6	8,9	7,9	8,5	8,7	10,4	12,3	11,8
Máximo	15,5	17,3	17,6	17,1	15,2	13,0	10,8	10,4	10,3	11,9	12,6	14,4	13,8
Mínimo	12,8	12,3	12,4	10,8	8,3	7,9	7,3	5,8	6,9	3,0	7,1	11,2	8,8
Desviación estándar	0,9	1,2	1,2	1,5	1,9	1,4	1,1	1,3	1,1	1,9	1,4	0,9	1,3
Coefficiente de variación	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1

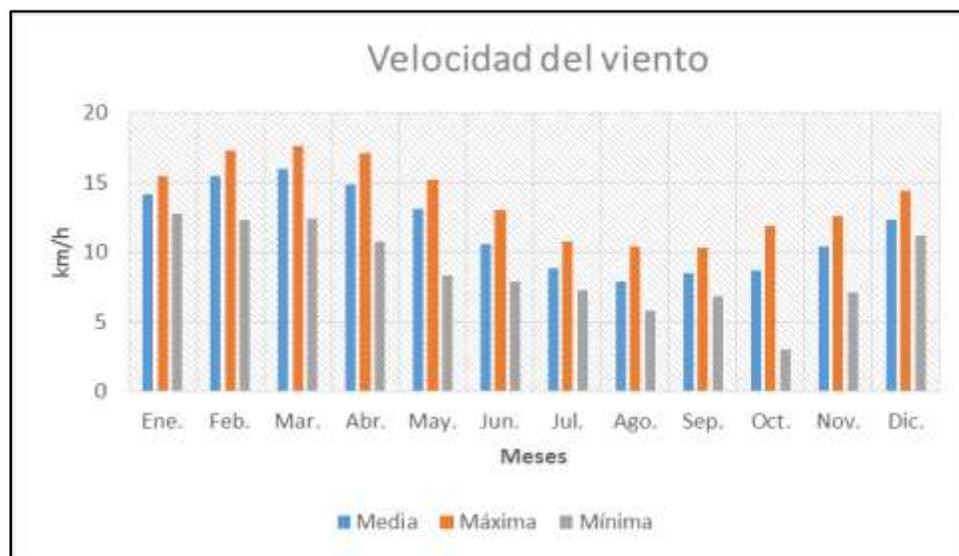


Figura 2.10 Distribución temporal de la velocidad media del viento mensual en km/h durante el período climático 1992-2007 (Datos: Estación Meteorológica F.A.V, Aeropuerto de Ciudad Bolívar).

2.3.2 Geología regional

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

Tomando en consideración lo denominado por Menéndez, (1968) en Mendoza, V. (2005), los caracteres petrológicos y tectónicos del Escudo, se ha dividido en Venezuela en cuatro provincias conocidas como: Imataca, Pastora, Cuchivichero y Roraima (Figura 2.11). Además que en Venezuela, el Escudo de Guayana se extiende por los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro, ocupando así más del 60% del territorio venezolano.

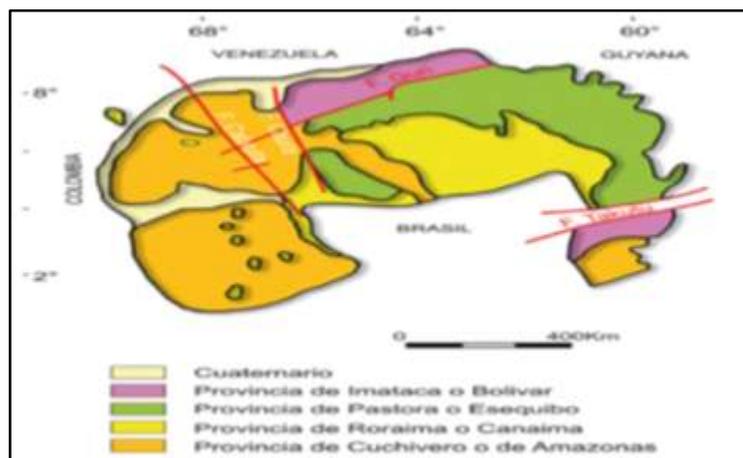


Figura 2.11 Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza V. 2005)

Por otra parte petrográficamente, la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico; Pastora a los cinturones de rocas verdes; Cuchivero a las grandes extensiones de granito Orogénico y Post-orogénico y Roraima a la cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a la Provincia de Pastora o Cuchivero. Mendoza, V. (1974), citado en Mendoza, V. (2005).

La historia geológica del escudo de Guayana revela cuatro de los cinco ciclos tecto-termales de significación mundial: La orogénesis Guriense (3.600 m.a. – 2.700 m.a.) durante la cual se desarrolló un cinturón tectónico granulítico (Provincia Imataca o Bolívar); la orogénesis Pre-Transamazónica o Guayanense (2.600 m.a. – 2.100 m.a.) en la que se desarrolla un cinturón móvil ofiolítico-turbidítico; la orogénesis Transamazónica (2.000 m.a. – 1.700 m.a.) que representa un magmatismo de tipo ácido con escaso tectonismo asociado; y la orogénesis Orinoquense (2.100 m.a. – 800 m.a.) que representa un evento de reajustes isostáticos González de Juana, Iturralde de A. y Picard, (1980).

2.3.3 Geología local

La naturaleza geológica del área de estudio es muy compleja, teniendo como unidad principal la Provincia geológica de Imataca o Bolívar como lo denominó Mendoza, V. (2005), teniendo en cuenta que la zona se localiza al Sureste del Escudo de Guayana.

2.3.3.1 Complejo de Imataca

Se extiende como una faja angosta en dirección suroeste-noreste (SW-NE), a lo largo de 550 km de longitud, desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste y en dirección noroeste-sureste (NW-SE), aflorando por unos 80 km de ancho, desde el curso del río Orinoco

hasta la Falla de Guri Menéndez, (1968), en CVG Técnica Minera C.A., (1991); Mendoza S., (2000) (Figura 2.12).



Figura 2.12 Extensión de Provincia Geológica de Imataca (Mendoza, V. 2005)

❖ Asociaciones litológicas: esta asociación de rocas, la diversidad y complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se conoce como Complejo de Imataca; el cual está litológicamente formado por gneises graníticos y granulitas félsicas (60-75%), anfibolitas y granulitas máficas y ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro o BIF, dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos jóvenes y, remanentes erosionados de CRV poco metamorizados y jóvenes asociados a tonalitas- trondjemitas-granodioritas como el CRV-TTG gnéisicos El Torno-Real Corona (Mendoza S., 2000).

❖ Contactos geológicos: el contacto inferior del Complejo de Imataca se desconoce; sin embargo, algunos autores especulan que el mismo formó parte del basamento de la secuencia supracortical de CRV tanto de las provincias geológicas de

Pastora como de Imataca (Kalliokoski, 1965, y Menéndez, 1994, en, PDVSA Intevep S.A., 1997).

En el caso de Imataca, al menos un bloque de 44.000 km² tiene sobre sí remanentes de CRV, La Esperanza-Real Corona, y gneises tipo Complejo de Supamo de 2,24 Ga formando la asociación CRV-TTG sobre un basamento granulítico más antiguo (Sidder et al., 1991, en Mendoza S., 2000).

Mientras que el contacto superior del Complejo de Imataca es discordante con la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997), al Norte; y con las unidades de sedimentos recientes y suelos suprayacentes (Mendoza S., 2000).

❖ Metamorfismo: estas rocas decrecen 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 Kbs, 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°-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kms de espesor de rocas) (Mendoza, V. 2005).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan en Mendoza, V. (1974) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del escudo.

❖ Edad: se estima en unos 3,50-3,60 Ga (Arqueozoico) y puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo de Orogénesis Guriense (Montgomery et al., 1977, en, PDVSA Intevep S.A., 1997). En La figura 2.13 se

muestran los periodos en los que las rocas del Complejo de Imataca sufrieron rejuvenecimiento y movilización parcial, originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas.



Figura 2.13 Edades reconocidas dentro del Complejo de Imataca (Teixeira W., Tassinari C., & Mondin M., 2002)

❖ Evolución tectónica: se cree que una parte del Complejo de Imataca entre los ríos Aro y Caroní está formada por seis o más dominios o fajas tectónicas, separadas entre sí por grandes fallas de corrimiento.

Estas fajas representan microcontinentes colisionados por deriva con obducción de unos contra otros, las cuales son: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980, y en, Mendoza S., 2000) (Figura 2.14).

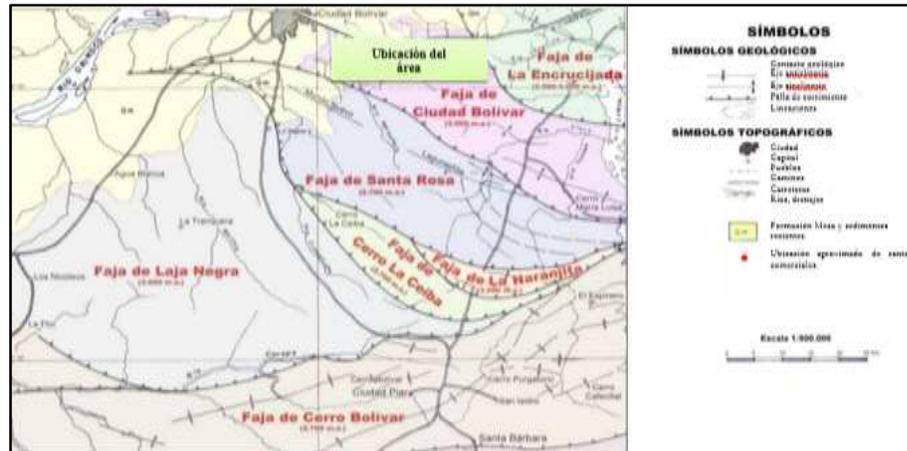


Figura 2.14 Unidades o fajas litotectónicas mayores que conforman el Complejo de Imataca (Ascanio, 1975, en, González de Juana et al., 1980).

❖ Rasgos estructurales: el complejo muestra grandes diferencias de deformación tectónica y patrones estructurales; en sus rocas se han formado tanto pliegues alargados como domos equidimensionales, algunos de los cuales están fuertemente volcados, pero no muestran un patrón regional consistente (CVG Técnica Minera C.A., 1991; figura 2.15).

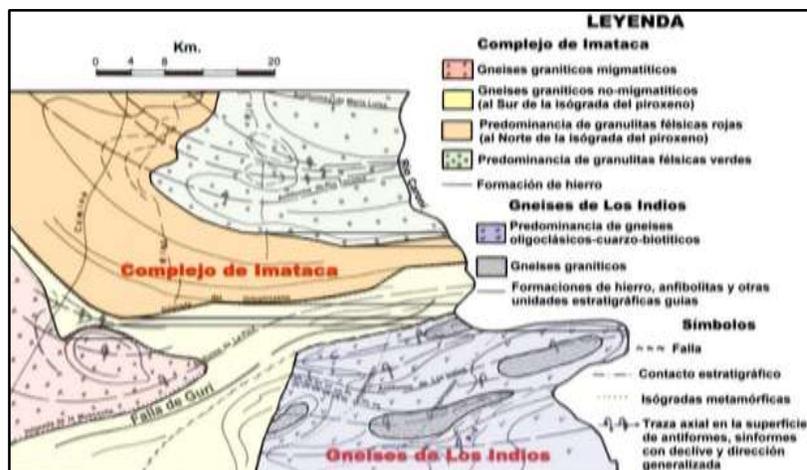


Figura 2.15 Mapa geológico del Complejo de Imataca al Oeste del río Caroní (Dougan, 1972, en, González de Juana et al., 1980).

2.3.3.2 Formación Mesa

La Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. Teniendo en cuenta que los sedimentos de la Formación Mesa gradan de Norte a Sur de más grueso a más fino, al alejarse de las cadenas montañosas del Norte; y de más fino a más grueso, desde la parte central de Monagas hasta el macizo de Guayana (PDVSA Intevep S.A., 1997).

De acuerdo con PDVSA Intevep S.A. (1997), la Formación Mesa se extiende por los llanos centro-orientales y orientales como los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas; sin embargo, se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar inmediatamente al Sur del río Orinoco. Con respecto a su localidad no se ha definido una sección tipo dado que la formación geológica aflora en casi todas las mesas de Guanipa en Anzoátegui, Tonoro y Santa Bárbara en Monagas y en los escarpes de Santa Rosa en Anzoátegui con secciones representativas (Figura 2.16).

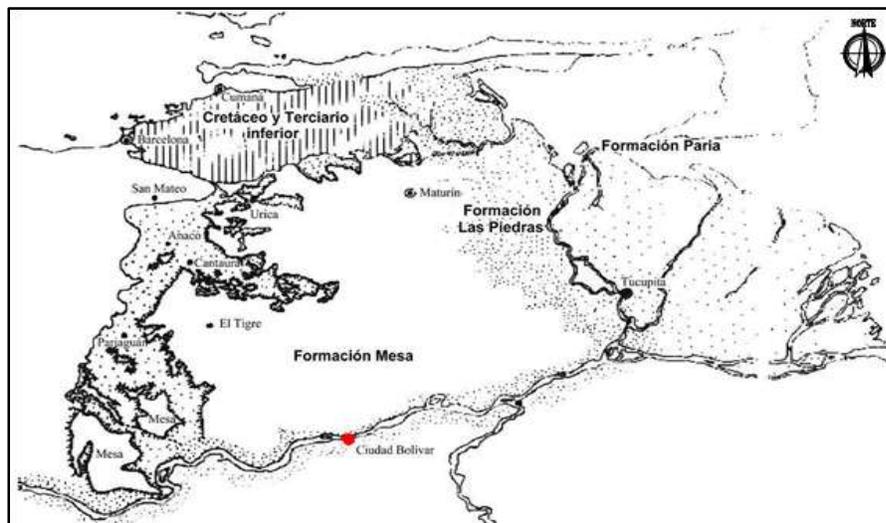


Figura 2.16 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA Intevep S.A., 1997).

❖ Litología consiste en arenas de grano grueso y otras de color blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada –límites norte y sur de la Mesa de Guanipa–; otras no compactadas (llanos centro-orientales) González de Juana, (1946), en, PDVSA Intevep S.A., (1997).

❖ Contactos: aunque los sedimentos o aluviones recientes se disponen en menor proporción, donde éstos se presentan cubren en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa (Macabril G. & Serrano B., 2010).

❖ Edad: estos materiales, del Cuaternario, se han estado depositando desde el Holoceno –Reciente– hasta el presente (Corporación Lobap C.A/Asesorías Geológicas y Mineras, 2001 en, Flores N. & Calzadilla N., 2004).

❖ Espesor: es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur, a consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este, debido al avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al., 1980). Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros –Mesa de Maturín– (González de Juana et al., 1980); mientras que en el estado Bolívar rara vez sobrepasa los 20 metros (PDVSA Intevep S.A., 1997).

2.3.3.3 Sedimentos del Reciente

Los sedimentos recientes se encuentran depositados regionalmente a lo largo de los ríos específicamente en las planicies Aluvionales y en las áreas de inundación periódicas de los ríos. Estos son productos de la desintegración y erosión de las rocas más viejas por la acción de factores tales como: el agua, presión, cambio de temperaturas, entre otros, siendo estos los más frecuentes; por lo tanto pueden provenir tanto del Complejo de Imataca como de la Formación Mesa. Por lo general no están

consolidados y están compuestos de conglomerados, arenas no consolidadas, arcillas y limos. Usualmente las arcillas son arenosas o limolíticas y que dependiendo de la energía del ambiente, estos materiales se depositan en el fondo del canal, en las superficies de las barras o en una franja paralela al canal del río (Kalliokoski, J., 1965).

❖ **Contactos:** aunque los sedimentos o aluviones recientes se disponen en menor proporción, donde éstos se presentan cubren en posición discordante a las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa (Macabril G. & Serrano B., 2010).

❖ **Edad:** estos materiales, del Cuaternario, se han estado depositando desde el Holoceno –Reciente– hasta el presente (Corporación Lobap C.A/Asesorías Geológicas y Mineras, 2001, en, Flores N. & Calzadilla N., 2004).

2.3.4 Caracterización hidrológica

La caracterización hidrológica se realizó partiendo de la inspección de campo, además de la información bibliográfica recopilada. Donde la cuenca del río Candelaria presenta un régimen pluvial el cual tiene un caudal constante durante todo el año, debido a que no existen periodos secos. Es de señalar que tiene una alta sinuosidad y un canal único, además su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, las corrientes fluviales meandriformes combinan un carácter erosivo generalmente, en la parte cóncava y convexa del meandro, esto permite inferir el nivel de madurez caracterizado por su baja pendiente.

2.3.5 Suelos

En el área estudiada existe una gran variedad de unidades taxonómicas que permiten dar una explicación clara y precisa de los tipos de suelos existentes, sin embargo los principales suelos, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos

(Soil Survey Staff, 1992) son los Ultisoles que pertenecen al Orden Ultisol, específicamente a los Sub – Grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

Los suelos ultisoles que representan el orden de mayor extensión en el área de estudio. Se distribuyen en una amplia gama de paisajes (lomeríos, peniplanicies, planicies). Se desarrollan a partir de rocas pertenecientes a la Provincia de Imataca y de materiales depositacionales de edad reciente o antiguas Formación Mesa. Estos suelos son superficiales a muy profundos, de 25-180 cm, que muestran un cuadro de características fisicoquímicas y morfológicas que cambian de acuerdo a su distribución geográfica y posición en el paisaje (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

En la zona de estudio, la cobertura del suelo es mayormente areno-arcilloso rojizo a moteado y arenosos de color marrón claro, y a mayor profundidad son de colores amarillentos, grises y blancos. Por otra parte los suelos que se han desarrollado en esta zona son producto de la sedimentación fluvio-deltaica que ocurrió durante el pleistoceno, cabe resaltar que en menor proporción se observa los suelos residuales de color rojizo de aspecto arcillo-arenosos que comúnmente rodean a los cuerpos Graníticos más meteorizados, es de señalar que en el lecho del río Candelaria predominan los suelos de granulometría arenosa además se observó textura arenosa en superficie y, franco arcilloso arenoso en profundidad, mezclada localmente con contenidos variables de gruesos (Figura 2.17).



Figura 2.17 Suelos observados del área de estudio.

2.3.6 Geomorfología

La geomorfología del área es compleja y los rasgos geomorfológicos están relacionados fundamentalmente con las características geológicas del basamento litológico del Complejo de Imataca, la cobertura sedimentaria de la Formación Mesa y las zonas de desborde o inundación. Teniendo en cuenta que los fenómenos actuantes han sido acelerados y gran parte de ellos, por condiciones físico-climáticas imperantes en la región, a partir del Cuaternario Reciente (Kalliokoski, J., 1965).

Las formas del relieve proceden de modelados diferenciales, consecuentes a una meteorización y erosión selectivas donde la primera define los rasgos característicos, siendo su modalidad química o descomposición la más importante mientras que la segunda se limita a dismantelar la porción alterada denominado regolito (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

Dentro de este orden de ideas, el relieve desarrollado en la zona de estudio y sus alrededores, son representativas de un paisaje fisiográfico de origen estructural tipo

planicies de inundación desarrolladas en las inmediaciones del río Candelaria, además de tomar en cuenta las etapas de la evolución de la alteración y desmantelamiento los lomeríos de escasa altura, penillanuras ligera o moderadamente ondulada y domos degradados.

2.4 Características del medio biológico

2.4.1 Vegetación

La característica de la vegetación fue basada de la observación directa en campo además de la recopilación bibliográfica para dar una descripción detallada de la flora presente en la zona de estudio. Cabe considerar, por otra parte que se utilizó el esquema de Holdridge, del área de Ciudad Bolívar que corresponde con la zona vegetal de Bosque Seco Tropical (Bs-T). Logrando destacar dentro de ella espacios con las siguientes formaciones de vegetaciones en exuberante desarrollo como la vegetación de sabana y de bosques (CVG Técnica Minera C.A., 1991).

2.4.1.1 Vegetación de sabana

La vegetación predominante en el área de estudio está constituida por Herbazales (sabana), gramínea arbustiva cuyo componente floral es de tipo llanero, relacionados a sedimentos de la Formación Mesa, con presencia de lomas y relieves suaves.

Entre las especies vegetales predominantes tenemos; el Chaparro, Púas, Paja Peluda, Escobilla, Guayabita, Alcornoque, entre otros. Es de señalar que las características particulares de vegetación de sabana también se observan, en las zonas de los afloramientos del Complejo de Imataca (CVG Técnica Minera C.A., 1991) (Figura 2.18).



Figura 2.18 Formaciones arbustivas encontradas en el área de estudio, vegetación típica de sabana.

2.4.1.2 Vegetación de bosque

Está constituida en su mayoría, por una cobertura vegetal arborescencia de tipo selvático, a los que se denominan bosques de galería, de los cuales se caracterizan por poseer árboles de moderada a gran altura en las riberas del río, siendo denso en algunos lugares. Los ejemplares predominantes son; el Moriche, Algarrobo, Mango, Jobo y Merrey, entre otras (CVG Técnica Minera C.A., 1991) (Figura 2.19).



Figura 2.19 Formaciones arbóreas encontradas en el área de estudio, vegetación de bosques de galería

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Según Arias. F., (2006), los antecedentes de la investigación “Se refieren a los estudios previos: trabajos y tesis de grado, trabajos de ascenso, artículos e informes científicos relacionados con el problema planteado, es decir investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con nuestro proyecto, por lo que no deben confundirse con la historia del objeto en cuestión.

Dentro de este orden de ideas, en el fundo Villa Rodeo no existen trabajos previos sobre caracterización geológica y estructural de los afloramientos que estén publicados actualmente, debido a esto, este trabajo de investigación puede considerarse como el primero en muchos aspectos.

Cabe señalar que existen investigaciones y/o trabajos que han desarrollado una metodología similar a la que se empleará en este trabajo, motivo por la cual serán utilizados como aporte para esta investigación, entre los cuales tenemos los siguientes:

Brito L. María A. y Ramírez M. Lorenzo (2022) en el trabajo de grado **“CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR”**. En este trabajo se obtuvieron los siguientes resultados. En los afloramientos se identificaron las rocas como gneis monzogranítico, que son de color blanco a gris oscuro, la textura es de grano fino a medio, con leve foliación. Los

minerales principales son feldespatos, cuarzo y plagioclasa, que se presenta con granulometría variada. De las 9 muestras de rocas se identificaron 4 como gneis monzograníticos, 4 granitos (Sienogranitos) y 1 gneis granítico con leve foliación. Los sedimentos depositados en la margen izquierda del río Candelaria son arenas gruesas a finas, con predominio de partículas angulosas y subangulosas. El análisis petrográfico indico que los gneises monzograníticos, están compuesto con un ~35% de feldespato potásico, cuarzo en ~33%, la plagioclasa ~25% probable tipo oligoclasa-andesina; el Granito (Sienogranito), con cuarzo ~40, feldespato en un ~50 tipo pertita y microclino, la plagioclasa en ~10% con presencia de oligoclasa-andesina; el Gnéis granítico, con un ~15 de feldespato potásico, tipo microclino y mesopertitico, cuarzo en ~40% y plagioclasa, con un ~45%, tipo antipertita y tipo albita. En el Diagrama de Roseta, se determinó que existen un sistema de diaclasas ortogonales y 3 sistemas de diaclasas conjugadas; conformados por 5 familias de diaclasas, una de azimuth entre 280°-310°, la cual es la predominante. Según el mapa geológico, se encuentran Sedimentos del Recientes cubren <1% del área, suelos residuales, más del 35% y rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 60%. Este trabajo se utilizó para obtener información general sobre los tipos de rocas aflorantes en el área y características estructurales.

Campos R., Diana P. y Ramírez L., Carlos E. (2022), en el trabajo de grado titulado **“CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA QUEBRADA CARDOZO, EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”**, presentaron los siguientes resultados que existen tres unidades litológicas como lo son la Provincia de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos del Recientes. Los afloramientos tienen una orientación NW-SE, se presentan muy diaclasados, en bloques esféricos muy meteorizados con los mayores tamaños en las cotas superiores, que son de 86 msnm con dimensiones superiores a los 2 metros. Las rocas presentes en estos afloramientos son Gneis foliados de grano media a grueso, de color gris claro a oscuro; que presentan zonas de cizallamiento al NW,

donde se encuentran fragmentos de cuarzo flotante, asociados a la zona de cizalla. Las diaclasas ortogonales tienen azimut 20° y 280° , las diaclasas conjugadas tienen azimut 300° y 335° ; además existe otro patrón de fracturas oblicuas con un azimut de 70° . La zona de falla es paralela a la familia de diaclasas de azimut $N45^\circ$. Los diferentes estratos de suelos presentes en la quebrada Cardozo según la norma ASTM-D2487-00 fueron clasificados como arenas medias a gruesas, mal gradadas con pocos finos o sin finos, de simbología SP. Según el análisis de las muestras de rocas se determinó que en la zona de estudio predominan Gneis granítico biotítico de grano medio, de colores blancos con bandas negras, con textura granoblástica a gnéisica, débilmente foliada y en menor proporción Granulita máfica, de grano medio de color negro grisáceo, de textura granoblástica y Gneis monzónico de grano medio, con textura granoblástica, y metamorfismo muy bajo. Los gneises están constituidos mineralógicamente por Mica biotita 30%, Plagioclasa 40%, Cuarzo 15%, Hornblenda 8% y Feldespatos 7%; las granulitas por Plagioclasa 40%, Mica biotita 5%, Hornblenda 35% y Piroxenos 20%; y los gneises monzónicos por Feldespatos 10%, Plagioclasa 30%, Cuarzo 25%, Biotita 5% y Hornblenda 30%. Finalmente en el plano topográfico se aprecia el relieve debido a los desniveles de la zona, en la cual destacan los afloramientos rocosos; el paso de la quebrada Cardozo y los sedimentos del Reciente bordeando al río y a sus afluentes.

Estos trabajos se utilizará para comparar los resultados sobre los tipos y características de estructuras geológicas, tipos de rocas y de suelos.; esta zona está cerca al área de estudio, donde se presentan también rocas del Complejo de Imataca.

3.1 Fundamentos teóricos

3.2.1 Granulometría (Método Vía Seca)

Para conocer la proporción de cada material que tiene un suelo se realizan análisis granulométricos, utilizando la vía seca para partículas de tamaños superiores a 0,075

mm, el cual se lleva a cabo tomando una muestra representativa del suelo, secándola y disgregando en seco el conjunto de partículas. A esta muestra se la hace pasar por un conjunto de tamices (cuyos tamaños suelen ir disminuyendo en progresión geométrica de razón, agitando el conjunto. Después se pesa lo retenido en cada tamiz, con lo que, conocido el peso inicial de la muestra, se determina el porcentaje de material, que pasa por un tamiz de diámetro D . siendo P el peso seco total de la muestra y P_i el peso retenido por el tamiz de diámetro D .

El peso P_{n+i} es el retenido por la base ciega que se pone debajo de la columna de tamices. Con estos datos se puede elaborar la curva granulométrica de un suelo, la cual relaciona el % pasante por cada tamiz con el diámetro de los mismos (González de Vallejo, L., 2002). Desde el punto de vista de Bosch, M. (2017), el análisis granulométrico permite obtener una expresión cuantitativa de las porciones en peso de varios tamaños en partículas presentes en un suelo. El método que se emplea normalmente es el de tamizado de suelo a través de una serie normatizada de tamices de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00 (Figura 3.1).



Figura 3.1. Tamizado para la clasificación de un suelo (Imagen de Google)

Los resultados de un análisis granulométrico se suelen representar en forma de curva acumulativa. En el eje de las abscisas, en escala logarítmica generalmente, el diámetro de la partícula en mm, y en el eje de ordenadas el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz. En función de los tamaños de las partículas de un suelo, se pueden obtener distintas curvas granulométricas que nos indican si un suelo está bien o mal gradado (Figura 3.2).

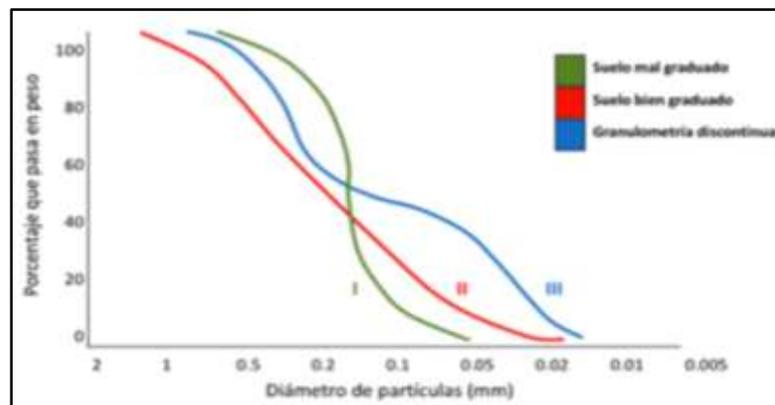


Figura 3.2 Diferentes curvas granulométricas de los suelo (Bosch, M. 2017)

Para una mejor definición de la granulometría de un suelo se utilizan dos coeficientes:

3.2.1.1 Uniformidad (Cu)

Es la relación entre el diámetro correspondiente al tamiz por el que pasa un 60 % del material y el diámetro correspondiente al tamiz por el que pasa el 10 %. Si C_u es menor de 5 el suelo tiene una granulometría uniforme; si C_u varía entre 5 y 20 es poco uniforme, y si $C_u > 20$ es un suelo bien graduado. Cuanto más uniforme es la granulometría de un suelo, más uniforme es el tamaño de sus huecos, menores densidades alcanzará, más fácilmente será erosionado, etc, (González de Vallejo, L., 2002).

3.2.1.2 Contenido de finos

Llamado así el porcentaje de suelo que pasa por el tamiz N° 200 de la serie A.S.T.M (0,075 mm). Este porcentaje indica la proporción de arcilla y limo que contiene el suelo, y está relacionado con la posibilidad de retención de agua. Cuanto mayor sea el contenido de finos, mayor será la dificultad de expulsión de agua bajo esfuerzos (González de Vallejo, L., 2002).

3.2.2 Clasificación de suelos

Con el objeto de dividir los suelos en grupos de comportamiento semejante, con propiedades geotécnicas similares, surgen las denominadas clasificaciones de suelos. La clasificación de suelos consiste, pues, en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico puesto a punto a través de muchos años de experiencia. La mayoría de las clasificaciones de suelos utilizan ensayos muy sencillos, para obtener las características del suelo necesarias para poderlo asignar a un determinado grupo. Las propiedades ingenieriles básicas que suelen emplear las distintas clasificaciones son la distribución granulométrica, los Límites de Atterberg, el contenido en materia orgánica, etc. (Duque-Escobar, G, 2002).

Los dos sistemas principales de clasificación de suelos actualmente en uso son el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el USCS (Unified Soil Classification System). El primero se usa principalmente para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para la construcción de explanadas de carreteras. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) fue propuesto inicialmente por Casagrande en 1942 y después revisado por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos y por el Cuerpo de

Ingenieros. Este sistema es el más extendido para la amplia variedad de problemas geotécnicos (Duque-Escobar, G, 2002) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. (USCS (Unified Soil Classification System) en (Duque-Escobar, G, 2002)

DIVISIONES PRINCIPALES		DEL GRUPO	DENOMINACIÓN TÍPICA	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN		
SUELOS DE GRANO GRUESO Máx del 5% en retículo en el tamiz n.º 200	GRAVAS 80% o más de la fracción gruesa en retículo por el tamiz n.º 4	GRAVAS LIMPAS	GW	Gravas y mezclas arena-grava bien graduadas, con pocos finos o sin finos.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para GW Debajo de la línea A ó IP < 4 Por encima de la línea A ó IP > 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las dos condiciones para SW Debajo de la línea A ó IP < 4 Por encima de la línea A ó IP > 7	
		GRAVAS CON FINOS	GP	Gravas y mezclas arena-grava mal graduadas, con pocos finos o sin finos.		
		GRAVAS LIMPAS	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		GRAVAS CON FINOS	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS Máx del 50% de la fracción gruesa para por el tamiz n.º 4	ARENAS LIMPAS	SW	Arenas y arenas con grava bien graduadas, con pocos finos o sin finos.		
		ARENAS CON FINOS	SP	Arenas y arenas con grava mal graduadas, con pocos finos o sin finos.		
		ARENAS LIMPAS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
		ARENAS CON FINOS	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
		SUELOS DE GRANO FINO 50% o más fino por el tamiz n.º 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido igual o menor que 50	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas.	
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas con grava, arenosas, o limosas.	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.					
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	MH		Limos inorgánicos, arenas finas o limos con mica o diatomáceas, limos silíceos.			
	OH	Arcillas orgánicas de elevada plasticidad.				
SUELOS DE ESTRUCTURA ORGÁNICA	PT	Turbas, bogs y otros suelos de alto contenido orgánico.	Fácilmente identificables por presencia de raíces, hojas y materia vegetal fibrosa en descomposición, así como color marrón oscuro o negro, olor y tacto suave.			

3.2.3 Clasificación de los suelos según las normas ASTM-D2487-00

De acuerdo a Annual Book of ASTM Standards, (2003) esta norma describe un sistema para clasificación mineral y orgánica-mineral de los suelos para propósitos de ingeniería basados en determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice plástico y será usado cuando se requiera una clasificación precisa. Como se ilustra en la tabla 3.2, este sistema de clasificación identifica tres divisiones mayores de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano

fino y suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones se subdividen en un total 15 grupos de suelos básicos. Basado en resultados de observación visual y ensayos de laboratorio prescritos, un suelo es catalogado de acuerdo al grupo de suelo básico, asignando un símbolo(s) de grupo, nombre y clasificado.

Tabla 3.2 Sistema de clasificación de los suelos según las normas ASTM-D2487-00 (Annual Book of ASTM Standards, 2003)

Criterios para asignar símbolos de grupo y nombres de grupo usando Ensayos de Laboratorio				Clasificación de Suelos	
				Símbolo grupo	Grava bien graduada
Suelos de grano grueso	Gravas	Gravas limpias	$Cu \geq 4$ $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
Más del 50% retenido en Malla No. 200	Más 50% fracción gruesa retenido en Malla	Menos del 5% de finos	$Cu < 4$ $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
	No. 4	Gravas con finos	Finos clasific. como ML o MH	GM	Grava limosa
		Más del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	GC	Grava arcillosa
	Arenas	Arenas limpias	$Cu \geq 6$ $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
	50% o más de grueso	Menos del 5% de finos	$Cu < 6$ $1 < CC < 3$	SP	Arena mal graduada
	Fracción pasa la malla No. 4	Arenas con finos	Finos clasific. como ML o MH	SM	Arena limosa
		Más del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino	Limos y arcillas	Inorgánicos	$IP > 7$ en o sobre línea "A"	CL	Arcilla lean
50% o más pasa Malla No. 200	Limite liquido menor de 50		$IP < 4$ o plotea bajo línea "A"	ML	Limo arenoso
		Orgánico	LL secado al horno < 0.75	OL	Arcilla orgánica
			LL no secado		Limo orgánico
	Limos y arcillas	Inorgánicos	IP ploteado en o sobre línea A	CH	Arcilla fat
	LL 50 o más		IP ploteado bajo línea "A"	MH	Limo elástico
		Orgánico	LL secado al horno < 0.75	OH	Arcilla orgánica
			LL no secado		Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Matriz primaria	Orgánica, color	Negro, olor orgánico	PT	Turba

3.2.4 Clasificación de las rocas metamórficas

De acuerdo a Maldonado Y., (2021), las rocas metamórficas tienen una variedad de clasificaciones, las más comunes son:

3.2.3.1 Rocas metamórficas según la estructura de la roca

De acuerdo a Maldonado Y., (2021) son:

1) Rocas metamórficas foliadas, se caracterizan por tener formas alineadas debido a que la presión ejercida conforma los materiales en bandas paralelas. Por eso, se trata de rocas fáciles de diferenciar (Figura 3.3).



Figura 3.3 Rocas metamórficas foliadas (Maldonado Y., 2021)

Las rocas foliadas pueden clasificarse a su vez dependiendo de su estructura en las siguientes:

➤ Pizarrosidad, no se aprecian bandas, pero se trata de rocas laminadas. La pizarra es una roca metamórfica homogénea de grano fino formada por la compactación por metamorfismo de bajo grado de lutitas.

➤ Esquistosidad, las rocas se pueden romper fácilmente. Los esquistos se nombran según sus minerales constituyentes más importantes o inusuales, tales como: esquisto de granate; esquisto de turmalina; esquisto azul cuando contiene glaucofana, anfíbol o crossita; esquisto verde con clorita; esquisto micáceo cuando contiene mica; entre otros.

➤ Gneisico, alternan bandas de colores claros y oscuros. Se diferencia del granito por la disposición de los minerales en forma de capas o bandas, que se han producido tras la recristalización en líneas de flujo a partir de la roca madre, generalmente protolito.

2) Rocas metamórficas no foliadas, cuentan con la característica de que la presión hace que los minerales se reorganicen en otras formas cristalinas en vez de en láminas. Por eso, son de aspecto homogéneo y se rompen en formas irregulares. Un ejemplo claro de una roca metamórfica no foliada es la cuarcita o el mármol (Maldonado Y., 2021) (Figura 3.4).



Figura 3.4 Rocas metamórficas no foliadas (Maldonado Y., 2021)

3.2.3.2 Rocas metamórficas según el origen

Según Maldonado Y., (2021) se clasifican en:

1) Pelíticas o pelitas, son aquellas que son ricas en minerales de arcilla y silicatos tabulares como la illita, montmorillonita, clorita y moscovita, por lo tanto, son enriquecidos en óxidos de aluminio y potasio.

2) Cuarzo-feldespáticas, son aquellas rocas que provienen del metamorfismo de rocas ígneas ácidas como el granito y la riolita, además, de las rocas que se derivan de la erosión de las mismas, como por ejemplo areniscas y arcosas.

3) Básicas o Máficas, se derivan de rocas ígneas básicas como por ejemplo el basalto, diabasas, gabros y también de tobas básicas.

4) Ultrabásicas o ultramáficas, se forman por el metamorfismo de rocas ígneas ultrabásicas como las peridotitas.

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Formación geológica

Una formación geológica es un conjunto de rocas estratificadas que se diferencian de los estratos adyacentes por el predominio de una cierta litología o combinación de litologías, o por poseer rasgos litológicos unificadores o destacables. El espesor puede variar desde menos de 1 metro hasta cientos de metros, dependiendo del tamaño requerido de las unidades locales para expresar el desarrollo litológico de la región (Navarrete E. 2009).

3.3.2 Diques

De acuerdo a Hobbs, B., y Means, W. (1981) define los diques como estructuras tabulares de origen magmático. Las rocas de diques pertenecen al grupo de rocas intrusivas o hipabisales.

3.3.3 Sill

Son intrusiones laminares de disposición subhorizontal, que suelen ser concordantes con la estructura de la roca encajante. A diferencia de los diques, su extensión o propagación lateral puede ser muy grande mientras que su crecimiento en la vertical es muy inferior, dando lugar a cuerpos intrusivos sencillos (Hobbs, B., y Means, W., 1981).

3.3.4 Suelo

Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento (Gómez M., 2014).

3.3.5 Suelos residuales

Tarbutck, y Lutgens, (2005) los definen como “suelo desarrollado directamente a partir de la meteorización del substrato de roca subyacente”.

Los suelos residuales son los que se forman en el sitio por procesos de meteorización física y química y se desarrollan principalmente, en condiciones tropicales húmedas, de meteorización química intensa (Figura 3.5) (Reading, A., 1999).

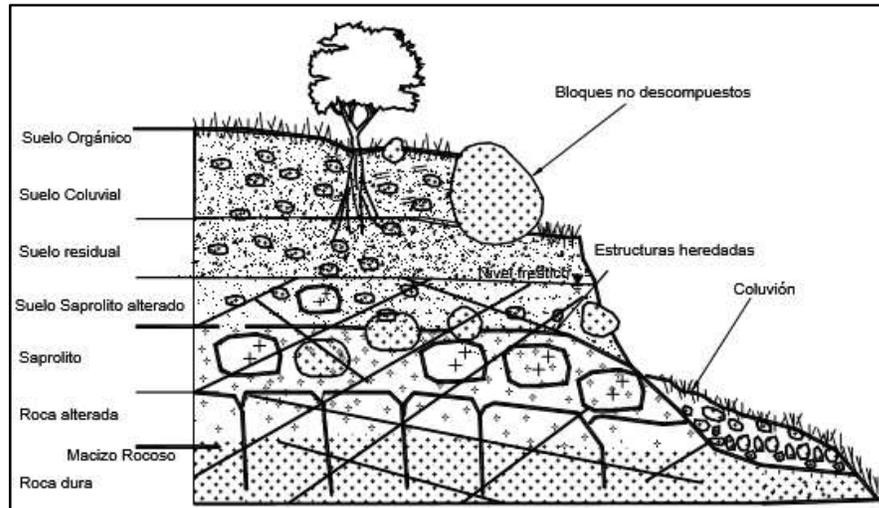


Figura 3.5 Esquema general de una ladera en un suelo residual de granito (Reading, A. 1999).

Las propiedades de los suelos residuales varían según Suarez, J. (2009) de una región a otra, debido a la naturaleza heterogénea de los ambientes tropicales. La meteorización está controlada por el clima regional, el relieve y la litología de la roca y estos factores varían de sitio en sitio.

Las características de los suelos residuales son muy diferentes a las de los suelos transportados. Por ejemplo, el concepto convencional de grano de suelo o tamaño de partícula es inaplicable a muchos suelos residuales, debido a que las partículas de suelo residual, con frecuencia, consisten en agregados (“clusters”) o cristales de mineral meteorizado que se rompen y se vuelven progresivamente finos, si el suelo es manipulado (Suarez, J. 2009).

Los sedimentos que se originan y son transportados como partículas sólidas se denominan sedimentos detríticos y las rocas que éstos forman son las llamadas rocas sedimentarias detríticas, las dimensiones de las partículas son la principal base para clasificar los miembros de esta categoría (Tarbuck y Lutgens 2005).

3.3.6 Roca

Es un agregado de uno o más minerales sólidos, con propiedades físicas y químicas definidas, que se agrupan de forma natural. Forman la mayor parte de la tierra y su importancia en el área geocientífica, radica en que contienen el registro del ambiente geológico del tiempo en el que se formaron. La petrología es la rama fundamental de la Geología que estudia las rocas, su origen, el modo de ocurrencia, la composición, la clasificación y sus relaciones con los procesos geológicos de la historia de la tierra. Las rocas se clasifican según su modo de formación u origen en otros grupos: Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas, y cada grupo contiene a su vez gran variedad de tipos de roca que difieren entre sí por su composición y textura (Mexicano S. G., 2017).

3.3.7 Sedimentos

Los sedimentos es la materia prima de las rocas sedimentarias, se acumulan en capas en la superficie de la tierra. Son materiales que se forman a partir de rocas preexistentes por los procesos de meteorización. Algunos de estos procesos fragmentan físicamente la roca en piezas más pequeñas sin modificar su composición. Otros procesos de meteorización descomponen la roca, es decir, modifican químicamente los minerales en otros nuevos y en sustancias fácilmente solubles en agua (Tarbuck y Lutgens 2005).

El agua, el viento o el hielo glacial suelen transportarlos productos de la meteorización a lugares de sedimentación donde éstos forman capas relativamente planas. Normalmente los sedimentos se convierten en roca o se litifican por uno de los dos procesos siguientes. La compactación tiene lugar a medida que el peso de los materiales suprayacentes comprime los sedimentos en masas más densas.

3.3.8 Foliación

La foliación se refiere a capas repetitivas en rocas metamórficas. Es causado por fuerzas cortantes (presiones que empujan diferentes secciones de la roca en diferentes direcciones), o presión diferencial (presión más alta en una dirección que en otras).

Las capas se forman paralelas a la dirección de la cizalla, o perpendiculares a la dirección de mayor presión.

Rocas metamórficas no foliadas se forman típicamente en ausencia de presión diferencial significativa o cizallamiento. La foliación es común en rocas afectadas por la compresión metamórfica regional típica de áreas de formación de cinturones montañosos (cinturones orogénicos).

Por lo general, esto es el resultado de alguna fuerza física y su efecto sobre el crecimiento de minerales. La tela plana de una foliación se forma típicamente en ángulo recto con la dirección de tensión principal máxima. En zonas cizallados, sin embargo, la tela planar dentro de una roca puede no ser directamente perpendicular a la dirección del esfuerzo principal debido a la rotación (Blatt, Harvey y Tracy, Robert J.; 1996).

Son ejemplos de foliación al alineamiento paralelo de los minerales con habito planar y/o los minerales alargados; el alineamiento paralelo de las partículas minerales y los cantos aplanados; el bandeado composicional donde la separación de los minerales oscuros y claros genera un aspecto laminar, y la pizarrosidad cuando las rocas se separan con facilidades capas delgadas y tabulares a lo largo de superficies paralelas (Figura 3.6).



Figura 3.6 Muestras de los tipos de foliación (Pozo y otros, 2007).

Estos distintos tipos de foliación se pueden formar de muchas maneras distintas como:

1. Rotación de los granos minerales alargados o de habito planar hacia una nueva orientación.
2. Recristalización de los minerales para formar nuevos granos que crecen en la dirección de la orientación preferente.
3. Cambios de forma en granos equidimensionales a formas alargadas que se alinean en una orientación preferente.

3.3.9 Mapa geológico

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues y fallas), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, etc. (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña 2011).

3.3.10 Erosión

La erosión en sentido amplio es un conjunto de procesos que tienden a arrasar la superficie terrestre para conseguir una superficie de igual potencial gravitatorio o, lo

que es casi lo mismo, para tender a reducir a cero la energía potencial sobre la superficie terrestre. Esta idea, lleva implícita la noción de que la erosión tiene a eliminar masa de las zonas elevadas, que luego será acarreada hacia zonas deprimidas por procesos posteriores (como el transporte) (Dabrio y Hernando 2003).

3.2.11 Meteorización

Puede definirse como el conjunto de procesos que atacan a las rocas en superficie disgregándolas en partículas y en sustancias químicas en disolución. En la meteorización intervienen muchos factores, unos propios de las rocas, tales como composición mineralógica, compacidad, tamaño de grano, tipo y grado de fracturación, entre otros, y otros propios del entorno, entre los que pueden citarse: temperatura, humedad, relieve, clima en general, seres vivos, entre otros (Dabrio y Hernando 2003).

3.3.12 Rumbo

Heiningen M., (2009) afirma que el rumbo o dirección es el ángulo, respecto al norte, que forma la línea de intersección del estrato con un plano horizontal imaginario, se mide con una brújula.

3.3.13 Buzamiento

También conocido como inclinación máxima, es el ángulo que forma el estrato con la horizontal, medido perpendicularmente al rumbo. Se mide con un clinómetro espeleológico, aunque también se puede medir con Brújula/clinómetro geológico (Heiningen M., 2009).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo con Arias, F. (2012) se refiere a el tipo de nivel de investigación como; “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Según el nivel, se clasifica en: investigación exploratoria e investigación descriptiva.

Para cumplir con el desarrollo de los objetivos planteados al inicio de este trabajo se aplicó una investigación de tipo descriptiva la cual la define Arias, (2012) como:

4.1.1 Investigación descriptiva

Según Arias, F. (2012), define “La caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación”.

En función de lo anterior, el trabajo planteado se enfoca en la caracterización de los rasgos físicos, geológicos, estructurales y naturales del fundo Villa Rodeo.

4.1.2 Investigación exploratoria

De acuerdo con Arias, F. (2012), la investigación exploratoria “se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos”.

Esta investigación cumple con una investigación exploratoria, ya que se debe de reconocer desde el punto de vista geológicos y estructural los afloramientos rocosos del fundo Villa Rodeo, además que en este fundo no existe información de manera local, sino de manera regional.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño según Arias, F. (2012) “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”. Según el autor se clasifica en: Investigación de campo y documental.

El diseño o estrategia adoptada en este trabajo, corresponde con la investigación de campo, según el autor citado la define como:

4.2.1 Diseño de la investigación de campo

Según Arias, F. (2012) “En la investigación de campo el autor la refiere como aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene información, pero no altera las condiciones existentes”.

Dentro de este orden de ideas, esta investigación cumple con una investigación de campo ya que para cumplir con los objetivos planteados fue necesario ir al fundo Villa Rodeo para así poder conocer las características físico- naturales del área y por ende dar cumplimiento con las actividades planteadas en esta investigación.

4.2.2 Diseño de investigación documental

La investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir de los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, F. 2012).

En relación a la idea anterior para la realización de esta investigación fue necesario consultar fuentes bibliográficas, tales como informes, páginas Web y tesis que permitieron el desarrollo de la investigación, esto con el fin de reforzar aún más el desarrollo de la investigación, además de la recopilación e interpretación de la información cartográfica referente al área.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

Sabino, C. (1987) define la población como “la totalidad del fenómeno a estudiar en donde las unidades o población, poseen características comunes, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

En el caso de esta investigación la población corresponde a todo el fundo de Villa Rodeo, que abarca sus afloramientos y suelos.

4.3.2 Muestra de la investigación

Según Arias, F. (2006), “una muestra, en un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población”.

La muestra de esta investigación son 12 muestras de las cuales 3 son de las calicatas y las otras 9 son de los afloramientos presentes en el fundo Villa Rodeo.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (Arias, F. 2012).

4.4.1. Revisión bibliográfica

La revisión literaria, permitirá extraer las bases teóricas y los antecedentes del problema de investigación, sirviendo como herramientas documentales que sustenten el trabajo propuesto, como lo expresa Balestrini, M. (2006): “la revisión Literaria es el fundamento de la parte teórica de la investigación y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado”.

Por ende, la revisión documental de esta investigación fue implementada con la finalidad de extraer información de diferentes fuentes como: tesis, hojas cartográficas, mapas, manuales, textos, entre otros, además de la revisión bibliográfica hecha por medio del uso de la red de internet y así tener la posibilidad de encontrar información relevante, que pueda servir de ayuda para el avance de la investigación.

4.4.2. Observación directa

“La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (Arias, F. 2012).

De acuerdo con nuestra investigación se usó la observación directa, ya que se obtuvieron los datos directamente en campo. De los cuales se empezó con el reconocimiento visual del área de estudio con la finalidad de verificar las características en las que se encuentran en cuanto a la topografía, vegetación, estructuras entre otros. Seguido de la toma de muestras de suelo y rocas, además se identificó las estructuras y se midieron los rumbos y buzamientos. Cabe mencionar que esta técnica es una de las que consolida la estrategia de la investigación de campo.

4.4.3. Instrumentos para la recolección de datos

Arias, F. (2012) “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

Para llevar a cabo la presente investigación fue necesario la siguiente instrumentación:

- 1) GPS Garmin 60 Csx
- 2) Brújula tipo Brunton
- 3) Lupa de Geólogo; 30X 21MM
- 4) Libreta de campo
- 5) Cámara fotográfica
- 6) Calculadora Casio fx-95ES plus
- 7) Pala
- 8) Mandarria
- 9) Peinilla
- 10) Bolsas para muestras
- 11) Equipos informáticos (computador, impresora, memoria portátil y teléfono)
- 12) Programas de diseño asistidos por el computador.

4.5 Flujograma de la investigación

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos propuestos para la elaboración del proyecto caracterización geológica y estructural en el fundo Villa Rodeo, sector Prado del Este, parroquia Panapana municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar. Se plantean las siguientes etapas de investigación (Figura 4.1)

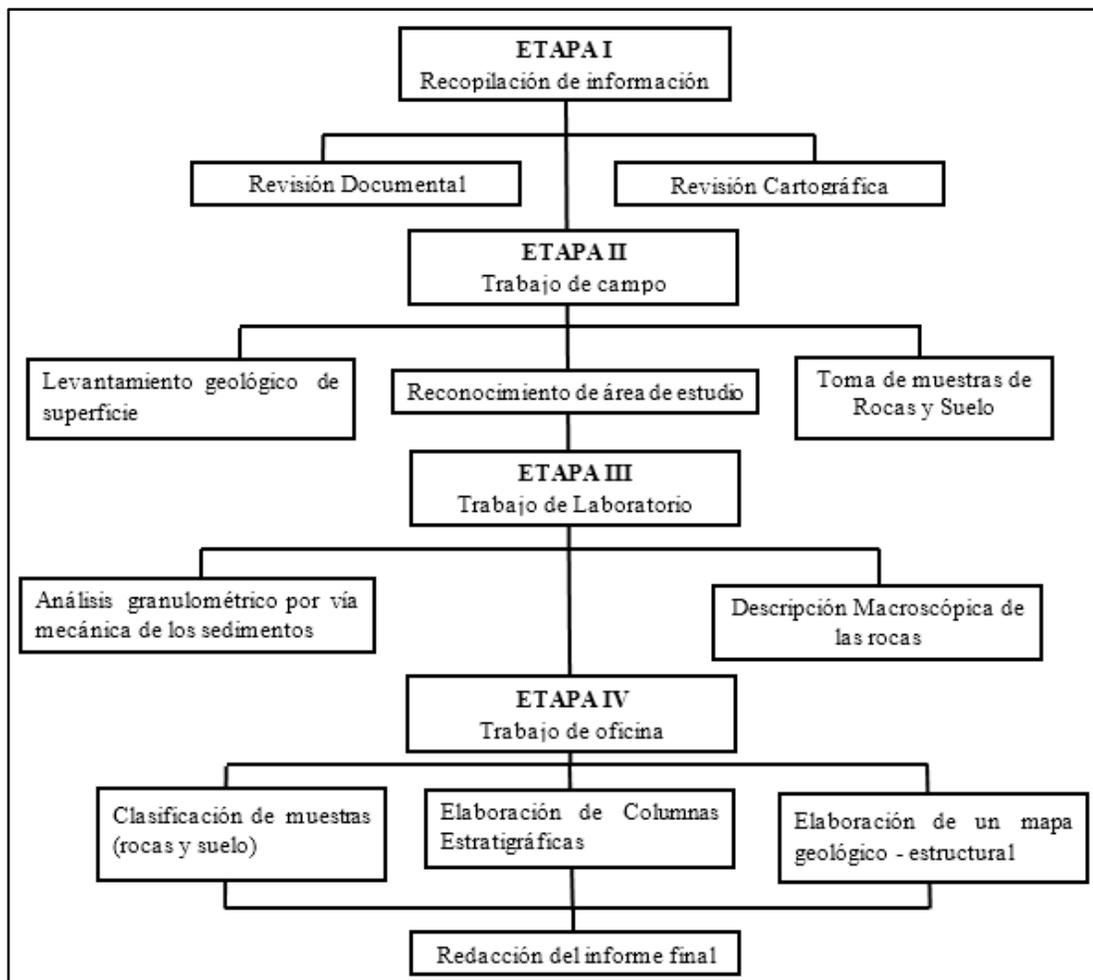


Figura 4.1 Flujograma de actividades de las etapas de la investigación

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

A continuación, se describirá la metodología que ha sido esquematizada en el flujograma antes presentado.

4.6.1 Etapa I Recopilación de información

4.6.1.1 Revisión documental y cartográfica

Esta etapa de la investigación se llevó a cabo buscando información relacionada al tema en estudio como en trabajos de grado impresos y en formato digital, referencias electrónicas como en páginas web, además de trabajos e informes geológicos realizados cercanos a la zona de estudio y se consultaron libros sobre definiciones de términos relacionados con las rocas metamórficas e ígneas, estructuras geológicas entre otros. Algunas de las informaciones obtenidas fueron proveniente del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), región Guayana, también de la C.V.G técnica minera (TECMIN) y los datos climatológicos obtenidos de la estación de servicio de meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, de Ciudad Bolívar, serial 3882 ubicada en el aeropuerto de esta localidad.

El material cartográfico obtenido se revisó e interpretó como; el mapa geológico de la hoja Marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000 elaborado por Murillo N. (2005), el mapa geológico de Venezuela parte norte a escala 1:750.000 de U.S Department of the Interior; U.S. Geological Survey (USGS), preparado en cooperación con la fundación venezolana de investigaciones sismológica (FUNVISIS) y las imágenes extraídas del software Google Earth 2023 y Google Maps con la finalidad de realizar el mapa geológico - estructural y observar el relieve del área de estudio y sus alrededores.

4.6.2 Etapa II trabajo de campo

4.6.2.1 Reconocimiento del área de estudio

Las labores de exploración consistieron en realizar un reconocimiento geológico general del fundo Villa Rodeo, este reconocimiento se pudo llevar a cabo a través de caminos de tierra, se ubicaron geográficamente los afloramientos y se identificaron las unidades geológicas y las estructuras geológicas asociadas a las rocas de la zona a grandes rasgos; además se determinaron las condiciones del terreno, las características físicas y naturales del área y la toma de fotografías.

4.6.2.2 Levantamiento de superficie

En esta etapa, se realizó un levantamiento de superficie haciendo uso del GPS 60 Csx marca Garmin, donde se tomaron puntos geográficos con sus respectivas coordenadas UTM, también se efectuó el levantamiento de las unidades geológicas y afloramientos rocosos junto a las estructuras geológicas asociadas a ellos, así como también se determinó la ubicación geográfica de las calicatas.

En total se realizó el levantamiento de 6 puntos ubicando los lugares de muestreo. En la Tabla 4.1 se muestran los puntos levantados en la zona de estudio y en la Figura 4.2 una vista satelital de la distribución de ellos.

Tabla 4.1 Minuta de los puntos levantados en campo

Estación	Sistema de coordenadas: Universal Transversal de Mercator, UTM (m) Datum: WGS84 Huso: 20		Unidad Geológica	Observación
	Este (m)	Norte (m)		
1	457409.532	890692.432	Complejo de Imataca	Afloramiento 1 Muestras M1,M2,M3
2	457345.443	890722.797		Afloramiento 2 Muestras M4,M5,M6
3	457274.705	890759.336		Afloramiento 3 Muestras M7,M8
4	457337.440	890655.050		Afloramiento 4 Muestras M9
5	457299.510	890695.68	Suelo Residual	Calicata 1 Muestras M1,M2
6	457491.748	890629.152		Calicata 2 Muestras M3



Figura 4.2 Vista satelital de la distribución de los puntos levantados en el fundo Villa Rodeo

4.6.2.3 Recolección de muestra

Inicialmente se hizo un recorrido observado donde se iban a tomar las muestras de los afloramientos, durante ese recorrido las muestras recolectadas fueron superficiales. Para la recolección de las muestras de rocas se seleccionaron 4 afloramientos rocosos en los que se tomaron ejemplares del tope, medio y base de los afloramientos que lo ameritaron, en aquellos que no presentaban forma de loma, cerro o que su litología se observara igual en toda su extensión se hizo la toma de una sola muestra. En total se recolectaron 9 muestras de roca, tomando en consideración que fueron analizadas y etiquetadas en campo para posteriormente ser clasificadas mediante análisis macroscópico (Figuras 4.3).



Figura 4.3 Toma de muestras de rocas de los afloramientos rocosos a nivel de superficie (A - B) y etiquetado de las muestras de roca (C).

Posterior a eso se realizó otro recorrido observado donde se iban a tomar las muestras de suelo, estos puntos fueron ubicados tomando en consideración aquellos lugares en donde hubiese un cambio significativo de litología en los suelos, para ello se apreció si existía cambios en la vegetación, color y de humedad, también se abrieron pequeñas calicatas para describir las características de las litologías. Se hizo la apertura de 2 calicatas dentro de los límites del fundo Villa Rodeo (Figuras 4.4).



Figura 4.4 Apertura de la calicata 1 (A). Vista de la Calicata 1 (E: 457410.797; N: 890550.480) (B)

4.6.3 Etapa III trabajo de laboratorio

4.6.3.1 Análisis granulométrico

El análisis granulométrico por tamizado se realizó con la finalidad de clasificar texturalmente cada muestra, para ello se seleccionaron tres (3) muestras de sedimento provenientes de 2 calicatas. Este ensayo determinó la granulometría de las muestras mediante el proceso mecánico de tamizado por vía seca. Teniendo en cuenta que la información obtenida de estos análisis se presenta mediante curvas granulométricas de frecuencia acumulada.

Este análisis consistió que cada muestra obtenida de las actividades de campo fue disgregada para posteriormente homogeneizarla, cuartearla y tomar una muestra representativa de ella para pesarla y luego tamizarla. Después se determinó el peso de cada porción de la muestra y se procedió al cálculo de los porcentajes del material retenido en cada tamiz para la elaboración de las curvas granulométricas (Figuras 4.5).



Figura 4.5 Etapa del análisis granulométrico. Homogenizado de muestra (A) y Pesado de tamiz (B)

4.6.3.2 Descripción macroscópica de muestras de rocas

La descripción macroscópica se le realizó a 9 muestras de rocas tomadas en los diferentes afloramientos del Fundo Villa Rodeo, haciendo uso de una lupa de geólogo; 30X 21MM en el cual se le describieron los porcentajes principales de los minerales observados además de su textura, color y tamaño de grano esto con la finalidad de clasificar cada una de las muestras (Figuras 4.6).



Figura 4.6 Análisis Macroscópico. Observando los minerales (A) y observando las características de la muestra (B)

4.6.4 Etapa IV trabajo de oficina

4.6.4.1 Clasificación de muestras de roca y suelo

Para la clasificación de las muestras de rocas tomadas en los afloramientos del fundo Villa Rodeo, se utilizaron las principales características, como textura, color, tamaño de grano y su composición mineralógica.

La clasificación de los suelos se realizó utilizando la norma ASTM-D-2487-00, que emplea los resultados obtenidos mediante el análisis granulométrico. Tomado en cuenta el Coeficiente de Uniformidad (Cu) y el Coeficiente de Curvatura (Cc) el cual permitió deducir a qué tipo de suelo corresponden las muestras de las calicatas.

4.6.4.2 Medición de las estructuras de la roca

Las mediciones de rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en las rocas del fundo Villa Rodeo, tales como foliación y de las diaclasas se realizaron utilizando la brújula tipo Brunton.

4.6.4.3 Elaboración de columnas sedimentológicas

En el fundo Villa Rodeo se realizaron dos (2) calicatas una por cada estación a las cuales se le elaboró la columna sedimentológica, estas se levantaron de base a tope y fueron geopositionadas mediante un GPS Garmin 60 Csx. La primera columna es de la estación 5 perteneciente a la calicata 1 (CA1) donde se observó dos estratos, cuya coordenadas geográfica es (este: 457299.510 y norte: 890695.68). La segunda es de la calicata 2 (CA2) de la estación 6, cuya coordenadas geográfica es (este: 457491.748 y norte: 890629.152) en esta solo se observó un solo estrato. Ambas columnas se elaboraron con el Software AutoCad 2012, el formato de las columnas consta del título

de la columna, su litología presente, espesor total y acumulado en centímetros, estructuras sedimentarias y las observaciones realizadas en campo.

4.6.4.4 Elaboración del mapa geológico estructural

El mapa geológico estructural fue elaborado en función de las coordenadas U.T.M, de los datos recolectados en el levantamiento de superficie; este se realizó utilizando un GPS marca Garmin 60 Csx, brújula tipo Brunton, el mapa geológico de la hoja Marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000 elaborado por Murillo N. (2005) y la imagen del software Google Earth 2023; es de señalar que sobre la imagen Google Earth se hizo la determinación de la superficie de la zona de estudio, con el programa computarizado CAD-Earth extensión de (AutoCAD 2012), que es una herramienta de trabajo que permitió generar las curvas de nivel y luego estas son exportada a AutoCAD 2012, para realizar el mapa geológico con el propósito de representar las condiciones topográficas presentes en la zona de estudio.

4.6.4.5 Redacción del informe final

Tomando en cuenta lo realizado en las etapas anteriores del trabajo, se recopiló toda la información sobre unidades geológicas y estructuras presentes en el área, la clasificación macroscópica de las rocas y de las estructuras asociadas, además de la clasificación de los suelos según el Sistema Unificado de Suelos y las columnas sedimentológicas y el mapa geológico estructural, con el fin de formular las conclusiones y plantear recomendaciones finales.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Descripción de las características físico - naturales del área

El área se caracteriza por la presencia de afloramientos que pertenecen al Complejo de Imataca, estos afloramientos son de diferentes tamaños y formas, desde pequeñas rocas aisladas hasta medianas formaciones rocosas; estos se encuentran rodeadas de los suelos residuales, producto de la meteorización de las rocas pertenecientes al citado complejo. Cabe resaltar que estos afloramientos presentan meteorización esferoidal a nivel de la superficie además de la presencia de sills de cuarzo, diaclasas y pliegues (Figuras 5.1 y 5.2).

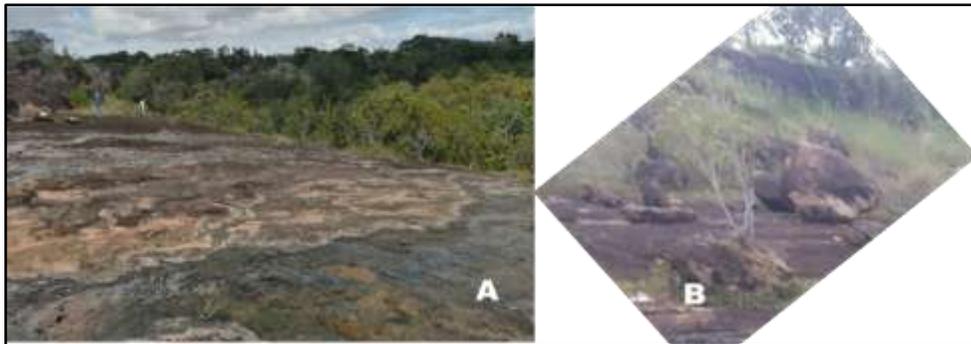


Figura 5.1 Afloramientos rocosos a nivel de superficie (A) y afloramientos rocosos en bloques (B)



Figura 5.2 Suelos residual (A) y Sills de cuarzo (B).

Al suroeste se encuentra el río Candelaria, el cual tiene un caudal constante durante todo el año, debido a que hay una similar distribución de las precipitaciones y no existen periodos secos. Es un río meandriforme caracterizado por su baja pendiente. Es de señalar que se observaron depósitos de arenas de variados tamaños que van de gruesos a finos y de medios a finos en sus márgenes, de color gris claro que están en contacto con los afloramientos rocosos.

De acuerdo con la vegetación característica del área basado en el modelo de determinación de zonas de vida de Holdridge (ZVH) que es una clasificación climática que se basa en el supuesto de que la vegetación natural de un área puede ser determinada objetivamente por el clima local, para el área de Ciudad Bolívar corresponde a Bosque Seco Tropical (Bs-T), logrando destacar la Formación arbórea (bosques de galería) y Formación arbustivas (vegetación de sabana). La vegetación arbórea se caracteriza por poseer árboles de moderada a gran altura en las riberas del río, siendo denso en algunos lugares. La vegetación de sabana se observa, en menor proporción, en zonas de afloramientos del Complejo de Imataca. Estos afloramientos están a nivel de superficie en su mayoría rodeados de gramíneas y con cotas que oscilan entre los 70 y 100 m.s.n.m. (Figura 5.3).

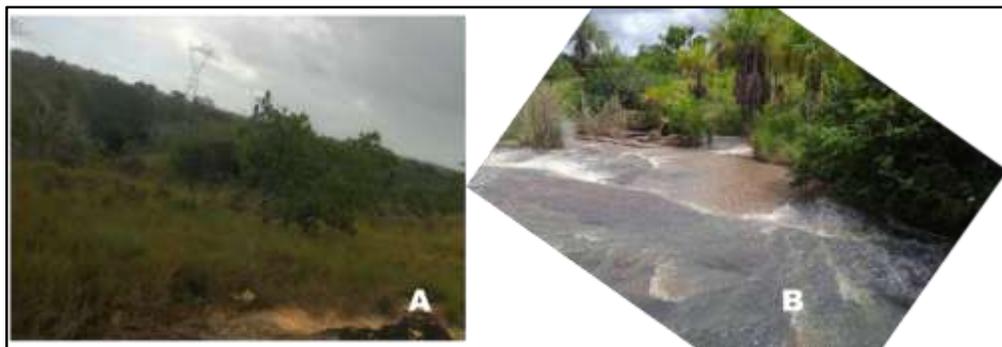


Figura 5.3 Formación arbustivas (A) y Formación arbórea (B)

5.2 Unidades geológicas y estructuras presentes en el área de estudio

Mediante la inspección del área de estudio se logró la identificación de las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en el sector Prado del Este. Para el levantamiento geológico se elaboró una minuta de campo donde se tomaron en cuenta la estación levantada, las coordenadas UTM, descripción de los afloramientos y las muestras recolectadas (Tabla 5.1).

De la información analizada de la minuta de campo de las estaciones levantadas del área de estudio. Se concluye que las Unidades Geológicas presentes en la zona son:

El Primer afloramiento está representado por tres (3) tipos de rocas de diferente tamaño de grano, la primera es un Gneis Granítico de grano grueso, la segunda un Gneis Cuarzo Feldespático de grano fino y la última es un Gneis Feldespático de grano medio a fino foliado.

El segundo está representado por dos (2) tipos de rocas de diferente tamaño de grano, la primera es un Gneis Granítico de grano medio a fino y la segunda un Gneis cuarzo feldespático de grano grueso, todas foliadas.

El tercer afloramiento es un Gneis Feldespático de variado tamaño de grano y el cuarto es un Gneis Granítico de grano fino a medio estos dos últimos afloramientos se observaron foliados.

De acuerdo al reconocimiento geológico de los afloramientos se pudieron observar las diferentes estructuras geológicas como el Sills de cuarzo, las familias de diaclasa y algunas foliaciones.

Tabla 5.1 Estaciones geológicas levantadas

Estación	Coordenadas UTM Huso 20		Descripción de los afloramientos	Muestras recolectadas
	Este (m)	Norte (m)		
1	457409.532	890692.432	Se observó un afloramiento de Gneis Granítico de grano grueso, color rosado blanco y gris, dónde se tomó la muestra M1, la segunda muestra M2 es un Gneis cuarzo feldespático de grano fino, de color blanco y gris. La muestra M3 es un Gneis feldespático (foliado), de grano medio a fino, color rosado y gris. Se observó además varias familias de diaclasas con direcciones NW-SE, SW-NE y NE-SW.	M1, M2 y M3
2	457345.44	890722.79	Se observó un afloramiento de Gneis granítico (foliado) de grano medio, color blanco y gris, donde se tomó la muestra M4. La muestra M5 es un Gneis granítico (no muy foliado), de grano medio, color rosado blanco y gris. La sexta muestra M6 es un Gneis feldespático de grano grueso muy foliado, de colores gris, blanco y marrón claro. Además, Se observaron varias familias de diaclasas con dirección predominante SW-NE. También varios Sills de cuarzo de longitud variada con sentido predominante al NW.	M4, M5 y M6
3	457274.705	890759.336	Se observó un afloramiento de Gneis feldespático de grano grueso, donde se tomó la muestra M7 de color rosado claro y gris oscuro. La muestra M8 es un Gneis feldespático de grano fino a medio, colores rosado claro, gris oscuro y blanco, ambas muestras se observaron foliadas y también estaban presentes varias familias de diaclasas con direcciones predominantes SW-NE, además de la presencia de Sills de cuarzo con dirección N-W.	M7 y M8
4	457352.179	890645.524	La muestra M9 es un Gneis granítico foliado de grano fino a medio, colores gris y blanco; sin presencia de foliación.	M9

5.3 Descripción macroscópica de las rocas pertenecientes a los afloramientos del fundo Villa Rodeo

Mediante la inspección del área de las 4 estaciones levantadas de los afloramientos se recolectaron 9 muestras de rocas y se clasificaron en cuatro tipos, en base a su textura, tamaño de grano, color y porcentaje de composición mineralógica. De acuerdo a lo planteado se describe cada estación.

En la primera estación se identificaron tres tipos de rocas de las cuales la muestra M1 es un Gneis Granítico de grano grueso color rosado, blanco y gris, la muestras M2 es un Gneis cuarzo feldespático de grano fino, su color es blanco y gris. La M3 es un Gneis Feldespático que presenta foliación es de grano medio a fino de color rosado y gris. Estas tres muestras de acuerdo a su composición mineralógica la componen principalmente el cuarzo, feldespatos, plagioclasas y la biotita (Figura 5.4).

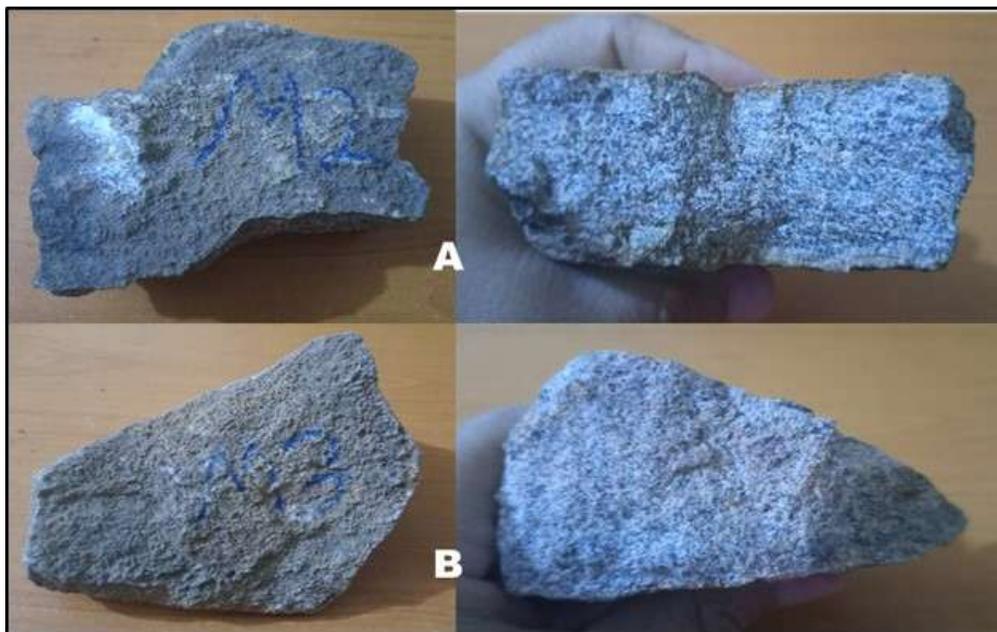


Figura 5.4 Muestras de rocas de la estación 1. Gneis cuarzo feldespático (A) y Gneis Feldespático (B).

En la segunda estación se identificaron dos tipos de rocas de las cuales las muestras M4 y M5 son un Gneis Granítico de grano medio de color rosado, blanco y gris que presenta leve foliación. La muestra M6 es un Gneis feldespático de grano grueso muy foliado, de color gris, blanco y marrón claro. Estas tres muestras de acuerdo a su composición mineralógica la componen principalmente el cuarzo, feldespatos, plagioclasas y la biotita (Figura 5.5).

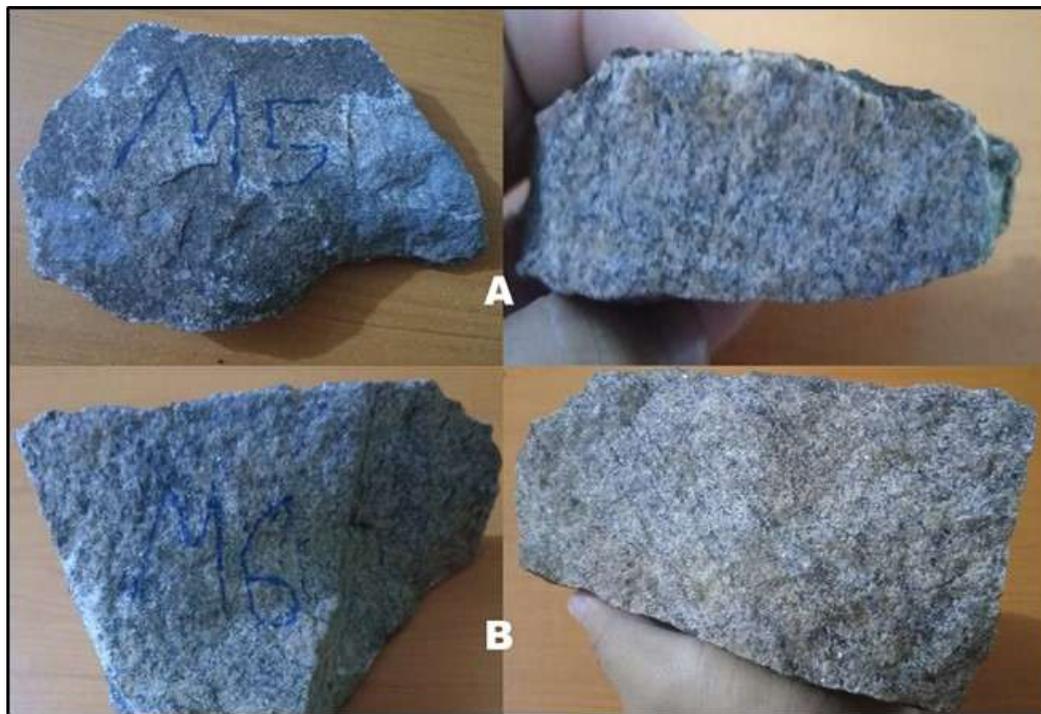


Figura 5.5 Muestras de rocas de la estación 2. Gneis Granítico (A) y Gneis cuarzo feldespático (B).

En la tercera estación se identificó un solo tipo de roca con variedad en su tamaño de grano, en el caso de las muestras M7 y M8 se identificaron como un Gneises feldespáticos de grano grueso y de granos finos a medio, foliados, de colores rosado claro, gris oscuro y blanco. Estas muestras presentan una composición mineralógica la cuyos principales minerales son el cuarzo, los feldespatos, las plagioclasas y la biotita (Figura 5.6).



Figura 5.6 Muestra de roca de la estación 3. Gneis feldespático.

En la última estación también se identificó un solo tipo de roca al igual que en la estación 3, es un Gneis Granítico de grano fino a medio que se observa foliado y su color es gris y blanco. Esta muestra M9 de acuerdo a su composición mineralógica, los minerales principales son el cuarzo, los feldespatos, plagioclasas y la biotita (Figura 5.7).



Figura 5.7 Muestra de roca de la estación 4. Gneis Granítico.

En la tabla 5.2 se muestra de forma resumida la descripción macroscópica de las rocas analizadas de los afloramientos del fundo Villa Rodeo.

Tabla 5.2 Descripción macroscópica de las muestras de rocas de los afloramientos del fundo Villa Rodeo

Estación	Muestra	% de Minerales	Color	Textura	Litología	Observación
1 AF1	M1	Cuarzo 28%, Feldespato 42%, Plagioclasas 20%, Biotita 10%	Rosado blanco y gris	No Foliada	Gneis granítico	De grano grosso
	M2	Cuarzo 30%, Feldespato 15%, Plagioclasas 45%, Biotita 10%	Blanco y gris	No Foliada	Gneis cuarzo feldespático	De grano fino
	M3	Cuarzo 30%, Feldespato 50%, Plagioclasas 15%, Biotita 5%	Rosado y gris	Foliada	Gneis Feldespático	De grano medio a fino
2 AF2	M4	Cuarzo 45%, Feldespato 30%, Plagioclasas 16%, Biotita 9%	Blanco y Gris	Foliada	Gneis Granítico	De Grano medio
	M5	Cuarzo 40%, Feldespato 23%, Plagioclasas 22%, Biotita 15%	Rosado blanco y gris	Foliada	Gneis Granítico	De grano medio a fino, no muy foliado
	M6	Cuarzo 45%, Feldespato 25%, Plagioclasas 20%, Biotita 10%	Gris, blanco y marrón claro	Foliada	Gneis cuarzo feldespático	De grano grosso
3 AF3	M7	Cuarzo 20%, Feldespato 55%, Plagioclasas 16%, Biotita 9%	Rosado claro y gris oscuro	Foliada	Gneis Feldespático	De grano grosso
	M8	Cuarzo 18%, Feldespato 60%, Plagioclasas 15%, Biotita 7%	Rosado claro, gris oscuro y blanco.	Foliada	Gneis Feldespático	De grano fino a medio
4 AF4	M9	Cuarzo 45%, Feldespato 30%, Plagioclasas 18%, Biotita 7%	Gris y Blanco	Foliada	Gneis Granítico	De grano fino a medio

5.4 Clasificación de las estructuras geológicas

Mediante la inspección en campo se realizaron mediciones de las estructuras geológicas encontradas en el área a las cuales se le midieron los rumbos y sus respectivas direcciones. Es de señalar que los afloramientos observados están muy diaclasados además presentan foliación marcada altamente meteorizada, también están presentes los Sills de cuarzo y contenido de óxidos de hierro. Estos óxidos de hierro están presentes en la parte inferior de los afloramientos 1, 2 y 4 en contacto con los suelos residuales (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Descripción de estructuras geológicas.

Estación	Coordenadas UTM Huso 20		Estructuras geológicas
	Este (m)	Norte (m)	
1	457409.532	890692.432	Familia de diaclasas: D1 Rumbo N40°W D2 Rumbo S20°W D3: Rumbo N10°E
			Foliación: Rumbo N54°W, Buz: 15°NE.
2	457345.44	890722.79	Familias de diaclasas: D1: Rumbo S70°W D2: Rumbo S75°W
			Sills de cuarzo : 1) Sills de Qz, Rumbo N83°W; Largo=60 cm 2) Sills de Qz, Rumbo N42°W; Largo=26,21 m 3) Sills de Qz Rumbo N20°W; Largo=110 cm 4) Sills de Qz = Rumbo N 80°W; Largo=12 cm
3	457274.705	890759.336	Familias de diaclasas: D1: Rumbo S80°W D2: Rumbo S47°W D3: Rumbo S30°W D4: Rumbo N70°W D5: Rumbo S10°W D6: Rumbo S55°W
			Foliación: Rumbo N68°W, Buz: 25°NE. Sills de cuarzo: 1) Sills de Qz, Rumbo N12°W; Largo=3 cm 2) Sills de Qz, Rumbo N7°W; Largo=210 cm

5.4.1 Familias de diaclasas

En los afloramientos observados del área de estudio se visualizaron familias de diaclasas en tres estaciones, a las cuales no se le observaron inclinación que son; para el primer afloramiento de la estación 1 se tienen 3 las cuales son: D1 N40°W, D2 S20°W y D3 N10°E. Para la segunda estación del afloramientos 2 se tienen 2: D4 S70°W y D5 S75°W. En el afloramiento de la estación 3 se tiene 6 las cuales son: D6 S80°W, D7 S47°W, D8 S30°W, D9 N70°W, D10 S10°W y D11 S55°W. En lo que respecta a la apertura, hay diaclasas abiertas de hasta de 1.2 cm y otras completamente cerradas. Estas fracturas se encuentran de forma ortogonal o conjugada, con tres patrones estructurales de dirección NW-SE, SW-NE y NE-SW (Figura 5.8).



Figura 5.8 Sistema de diaclasas conjugadas en la estación 3 del tercer afloramiento (A) Medición de abertura de diaclasa en el primer afloramiento de la estación 1 (B).

5.4.2 Foliación

Se observaron en los afloramientos de la estación 1 y 3, que corresponden a los Gneises, Gneis cuarzo feldespático y Gneis feldespático. Teniendo para la estación 1,

rumbo N 54° W y buzamiento 15°NE, para la estación 2 rumbo N 68° W con buzamiento 25°NE.

5.4.3 Sills de cuarzo

En los afloramientos observados del área de estudio se observaron varios Sills de cuarzos, que oscilan desde los 3 cm hasta 26.21 m de longitud, cuya dirección predominante es NW - SE. Las direcciones medidas de rumbo son: N83°W, N42°W, N20°W y N12°W, teniendo estos unos espesores promedio que van desde los 2 cm hasta 4 cm. (Figura 5.9).



Figura 5.9 Sills de cuarzo (A) y medición de longitud de un Sills de cuarzo (B).
Ambas en el tercer afloramiento de la estación 3

5.5 Clasificación de los suelos de acuerdo a la norma ASTM-D-2487-00.

En la tabla 5.4 se muestran las coordenadas de cada una de las calicatas realizadas en el área estudiada para así tener conocimiento de los puntos en los que se ubican.

Tabla 5.4 Ubicación de las muestras de suelos

Estación	Calicatas	Coordenadas UTM Huso 20		Cantidad de estratos
		Este (m)	Norte (m)	
5	CA1	457410.79	890550.48	2
6	CA2	457491.74	890629.15	1

De manera general se obtuvo que cada una de las muestras de suelos tomadas en los linderos del fundo Villa Rodeo corresponden a “arenas mal graduadas” de partículas finas a medias cuya nomenclatura dentro del sistema unificado de clasificación de los suelos es SP. Es de señalar que la muestra de la calicata dos (CA2) es una arena limosa (SP-SM).

En las figuras 5.10 hasta la 5.12 se muestran los resultados obtenidos durante el tamizado de las muestras de las calicatas, así como también los parámetros que se utilizaron para la clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de los suelos (SUCS) y los datos obtenidos de la distribución de las curvas granulométricas.

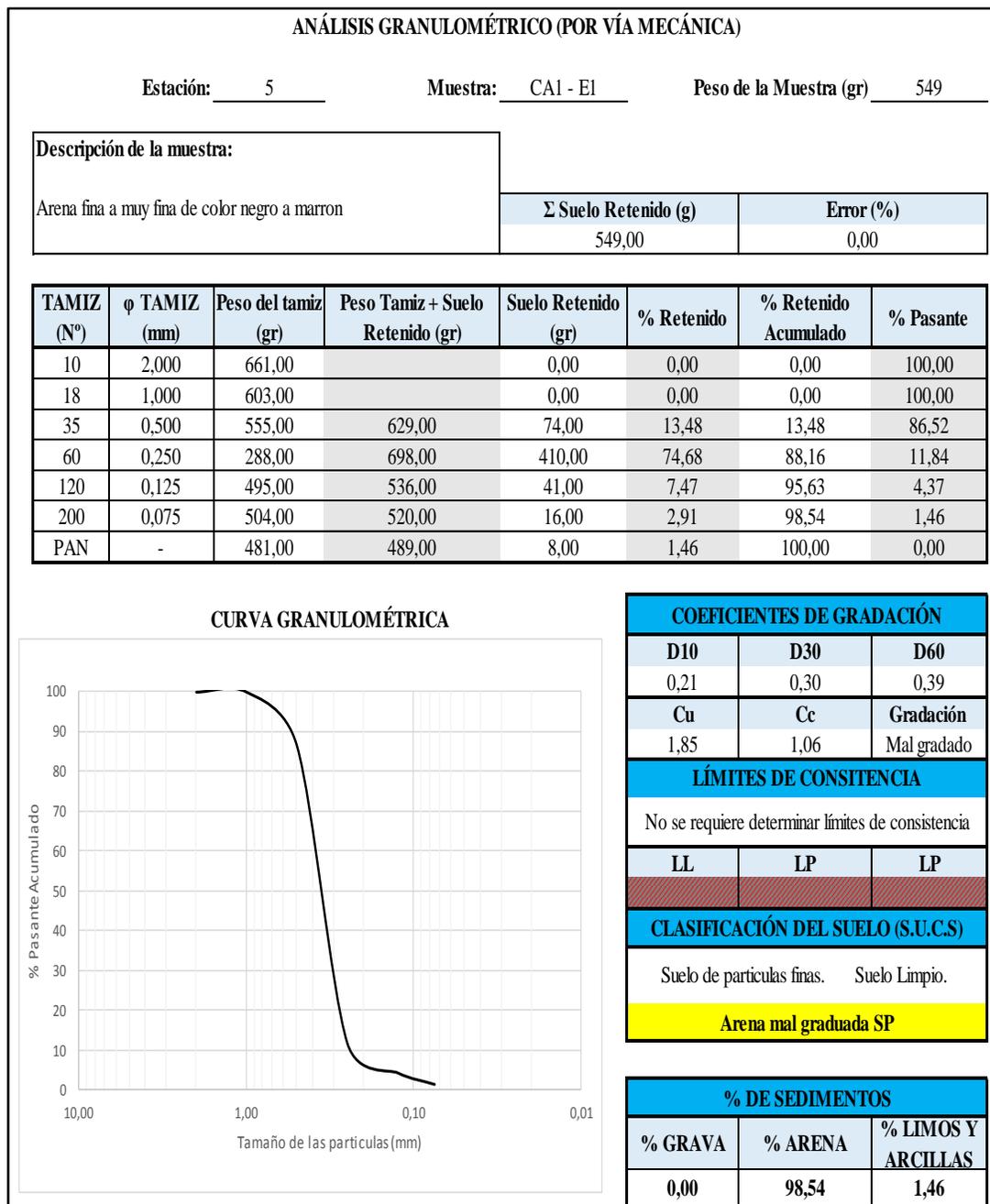


Figura 5.10 Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA1-E1 de la estación 5.

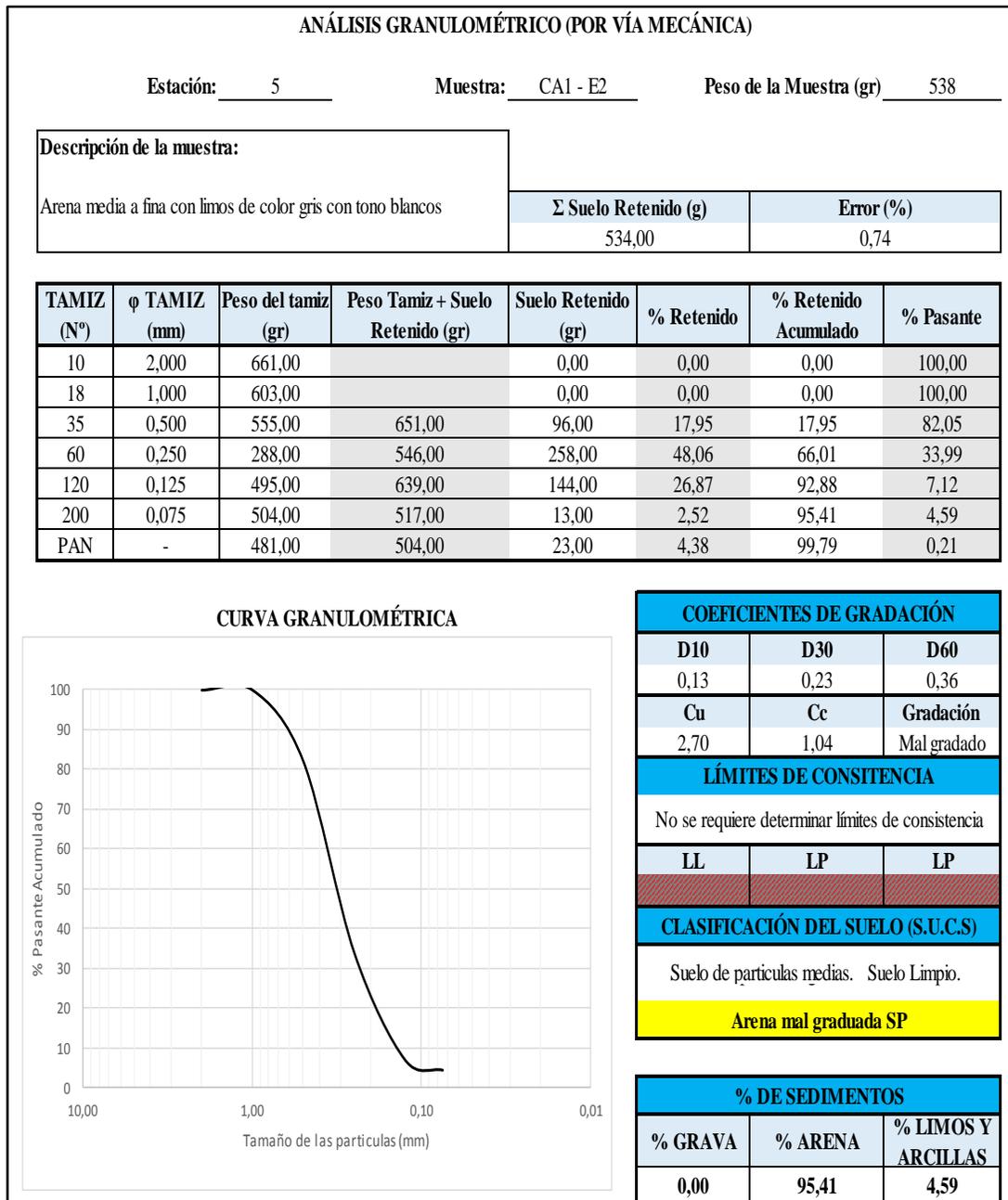


Figura 5.11 Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA1-E2 de la estación 5

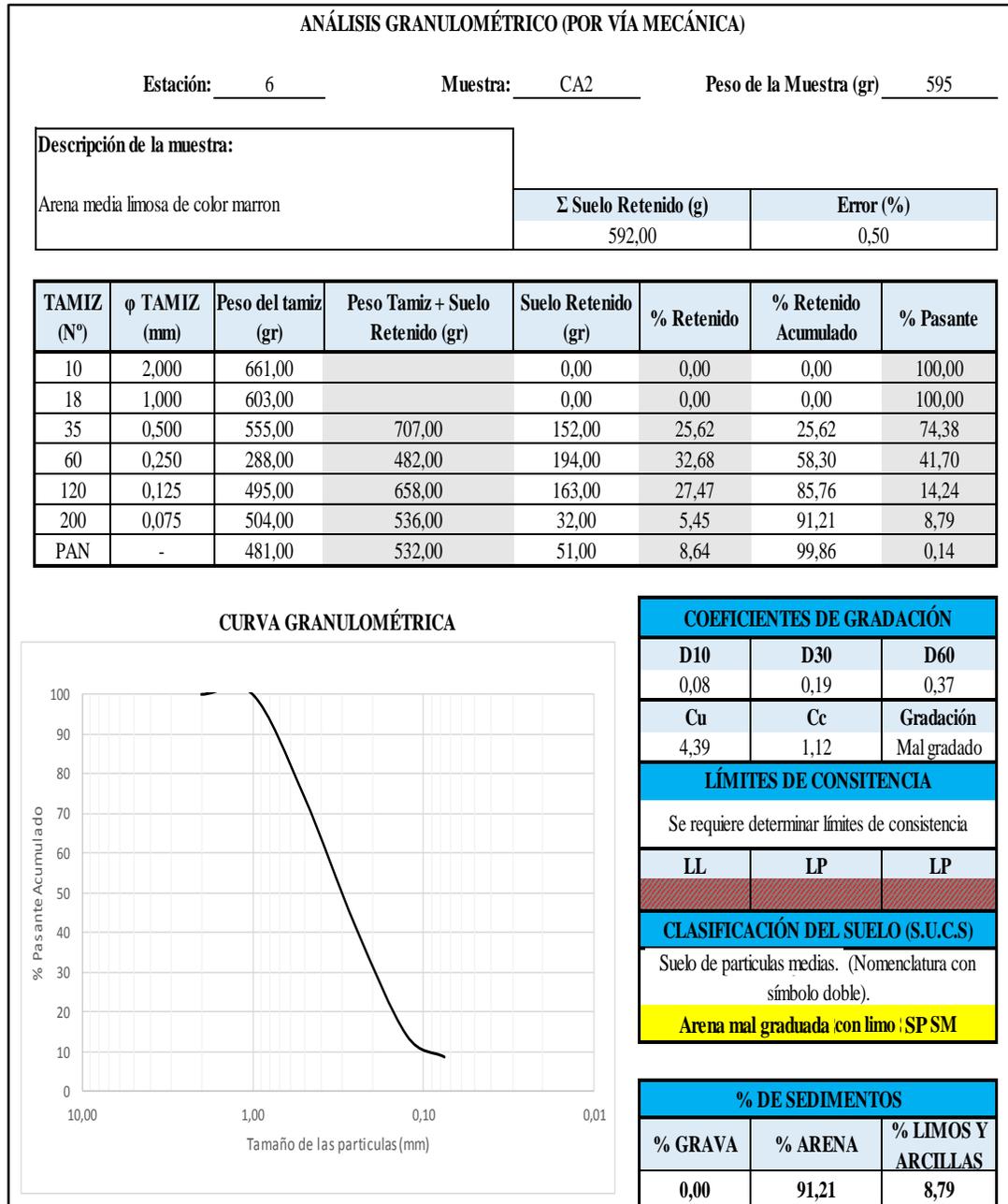


Figura 5.12 Análisis granulométrico de la muestra de suelo CA2 de la estación 6

5.6 Columnas estratigráficas del fundo Villa Rodeo

Las columnas estratigráficas se describieron de base a tope como se muestra a continuación.

5.6.1 Calicata 1

Se presenta una columna de 60 cm de profundidad. Donde podemos apreciar en la base arena de grano muy fino a fino de color negro a marrón de unos 15 cm de espesor a esta profundidad podemos notar presencia de raíces, posteriormente en el tope se observa arena de grano medio a fino con presencia de limo de color amarillo y con tonalidades de color blanco a llegar a tonos grises en superficie (Figura 5.13).

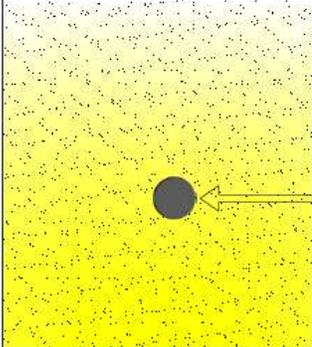
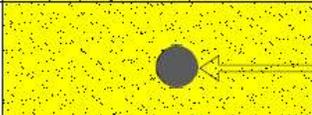
		Fundo Villa Rodeo, sector Prado del Este, parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco, calicata 1 Estación : 5 / CA1 Coordenadas UTM Huso 20: Este (m): 457410.79 Norte (m): 890550.48			
Espesor Acumulado (cm)	Espesor (cm)	Litología	Toma de muestra	Estructuras sedimentaria	Observaciones
60	45			No se observaron	Arena de grano medio a fino con presencia de limo de color amarillo y con tonalidades de color blanco a llegar a tonos grises en superficie. Producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca
	15			No se observaron	Arena de grano muy fino a fino de color negro a marrón, se puede notar la presencia de raíces. Producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca

Figura 5.13 Columna estratigráficas CA1 estación 5.

5.6.2 Calicata 2

Se presenta una columna de 53 cm de profundidad. Donde podemos apreciar un solo estrato de arena media limosa de color marrón además presenta tonos rojizos producto de la oxidación de hierro, a esta profundidad aún podemos notar presencia de raíces (Figura 5.14).

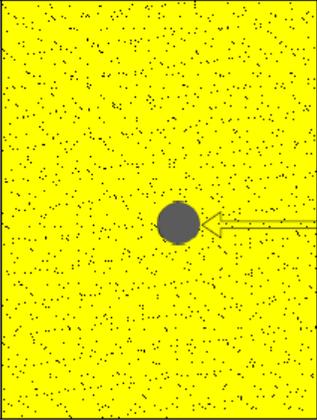
		Fundo Villa Rodeo, sector Prado del Este, parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco, calicata 2 Estación : 6 / CA2 Coordenadas UTM Huso 20: Este (m): 457491.74 Norte (m): 890629.15			
Espesor Acumulado (cm)	Espesor (cm)	Litología	Toma de muestra	Estructuras sedimentaria	Observaciones
53	53			No se observaron	Arena media limosa de color marrón además presenta tonos rojizos producto de la oxidación de hierro, se puede apreciar presencia de raíces. Producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca

Figura 5.14 Columna estratigráficas CA2 estación 6.

5.7 Mapa geológico estructural

En base al levantamiento geológico la zona estudiada del fundo Villa Rodeo se caracteriza por tener 2 unidades las cuales son: los afloramientos del Complejo Geológico de Imataca y los Suelos Residuales.

Los afloramientos del Complejo Geológico de Imataca están conformado por Gneis cuarzo feldespático, Gneis feldespático y Gneis graníticos de colores rosado, blanco, gris y marrón claro y abarca más del 40% del área. Estos afloramientos se

encuentran muy diaclasados además presentan foliación marcada altamente meteorizada.

Los suelos residuales son producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca que abarca alrededor del 58% del área, caracterizado por arenas finas a medias y arenas limosas de colores marrones y grises.

Como resultado del levantamiento geológico realizado y con la ayuda del software AutoCAD 2012. Se obtuvo el mapa geológico estructural el cual se elaboró de modo que resaltaran las unidades y estructuras geológicas presentes en la zona, así como también los puntos de muestreo y las curvas de nivel. Además de la leyenda de las unidades litológicas del Complejo de Imataca, basada en información bibliográfica, cartográfica, geología de superficie y descripción macroscópica de las muestras de rocas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1) En fundo Villa Rodeo se encuentran los afloramientos rocosos y bloques de rocas dispersos de diferentes tamaños que presentan meteorización esferoidal a nivel de superficie con presencia de Sills de cuarzo y diaclasas, que están rodeados por suelos residuales producto de la meteorización de las rocas pertenecientes al Complejo de Imataca en estos afloramientos se observa la vegetación típica de sabana, caracterizada por arbustos y gramíneas.

2) En el fundo Villa Rodeo se encuentra dos unidades geológicas, la primera es caracterizada por presentar rocas metamórficas pertenecientes al Complejo de Imataca y la segunda los Suelos Residuales.

3) En la zona de estudio se encuentran las familias de diaclasas con direcciones $N40^{\circ}W$, $S20^{\circ}-10^{\circ}W$, $N10^{\circ}E$, $S80^{\circ}-75^{\circ}W$, $S47^{\circ}W$, $S30^{\circ}W$, $N70^{\circ}W$ y $S55^{\circ}W$, foliaciones de $N54^{\circ}W$ y buzamiento $15^{\circ}NE$ y rumbo $N68^{\circ}W$ con buzamiento $25^{\circ}NE$, y Sills de cuarzo cuya dirección predominante es $NW - SE$, con rumbos $N83^{\circ}W$, $N42^{\circ}W$, $N20^{\circ}W$ y $N12^{\circ}W$, con espesores promedio que van desde los 2 cm hasta 4 cm.

4) Macroscópicamente los afloramientos rocosos del fundo Villa Rodeo están compuestos por Gneises Graníticos, Gneises Feldespáticos, y Gneises cuarzo feldespáticos. En su mayoría de textura de grano grueso y de grano fino a medio con foliación no muy marcada.

5) Los suelos presentes en el fundo Villa Rodeo según la norma ASTM-D2487-00 son del tipo SP, clasificados como arenas mal graduadas de simbología y del tipo simbología SP-SM conformados por arenas finas a medias limosas.

6) En las 2 columnas estratigráficas levantadas en el área de estudio de base a tope, la primera contiene dos (2) estratos, en la base arena de grano muy fino a fino de color negro a marrón de unos 15 cm de espesor y el tope arena de grano medio a fino con presencia de limo de color amarillo y con tonalidades de color blanco a llegar a tonos grises en superficie; y la segunda presenta una columna de 53 cm de profundidad, donde podemos apreciar un solo estrato de arena media limosa de color marrón, además presenta tonos rojizos producto de la oxidación de hierro. Cabe resaltar que estos sedimentos son producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca.

7) En el mapa geológico-estructural se identifican dos unidades geológicas: el Complejo de Imataca, conformado por Gneis cuarzo feldespático, Gneis feldespático y Gneis granítico de colores rosado, blanco, gris y marrón claro abarcando más del 40% del área; y Suelos Residuales producto de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca que abarcan alrededor del 58% del área, caracterizados por arenas finas a medias y arenas limosas de colores marrones y grises.

Recomendaciones

1) Analizar petrográficamente las diferentes rocas de los afloramientos ubicados en fundo Villa Rodeo.

2) Realizar un análisis estructural utilizando proyección estereográfica para determinar las direcciones de los esfuerzos principales.

3) Realizar un estudio geomecánico, para determinar las propiedades mecánicas de las rocas.

4) Aplicar esta investigación a otras áreas, donde el acceso sea limitado. Ya que este tipo de estudio cubre grandes áreas a bajo costo y jerarquiza las zonas de interés.

REFERENCIAS

Annual Book of ASTM Standards, (2003). **SECTION 4 CONSTRUCTION, VOLUME: 04.08 SOIL AND ROCK (I)**. Traducción libre: Ing. Ricardo Burgos Oviedo, Laboratorio ISCYC.

Arias, F. (2006) **“EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”**. (3ra ed.). Caracas: Editorial Episteme. ORAL EDICIONES.

Arias, F. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. pp 146.

Ballestrini, M. (2006). **CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas: BL Consultores y asociados.

Blatt, Harvey y Tracy, Robert J.; 1996, **PETROLOGÍA: ÍGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS**, 2ª ed., Pág. 359-360, WH Freeman, ISBN 0-7167-2438-3-

Brito L. María A. y Ramírez M. Lorenzo (2022) **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS UBICADOS EN EL FUNDO LOS TATOS, SECTOR PRADOS DEL ESTE, AL SUROESTE DEL RÍO CANDELARIA, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra.

Bosch, M (2017). **“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE ALGUNOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS SUELOS”**. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas y energía, Madrid, España, pp 08-09.

Campos R., Diana P. y Ramírez L., Carlos E. (2022), **CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS AL OESTE DE LA QUEBRADA CARDOZO, EN EL SECTOR DEL BALNEARIO CANAÁN, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra.

CVG Técnica Minera C.A. (1991). **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA REGIÓN GUAYANA (PIRNRG). INFORME DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN (VOLS. I, II Y III-MAPAS).** Ciudad Bolívar, Bolívar, Venezuela: CVG Gerencia de Proyectos Especiales.

Dabrio, C., y Hernando, S., (2003). **“ESTRATIGRAFÍA”.** Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Pp 77, 174.

Duque-Escobar, G. y Escobar-Potes, C. (2002) **“MECÁNICA DE LOS SUELOS”.** Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, sede Manizales

Flores, N., & Calzadilla, N. (2004). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO MANACAL, MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

Fuerza Armadas Venezolana. (F.A.V). **INFORMES DE AVANCES METEOROLÓGICO DE CIUDAD BOLIVAR.** Del 1997-2007.

Gómez M. (2014) **PROFESOR DE LA CÁTEDRA DE GEOLOGÍA GENERAL GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE ROCAS Y MINERALES.** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

González de Juana, C., Iturralde de A., J., y Picard, X. (1980). **“GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS”.** Caracas, Venezuela: Vol 1, Foninves. P 407.

González de Vallejo, L. (2002). **“INGENIERÍA GEOLÓGICA”**. Pearson Educación, S. A., Madrid.

Heiningen, M. V. (2009). **“RUMBO Y BUZAMIENTO”** Recuperado el 15 de noviembre de 2021 [<http://espeleogenesis.blogspot.com/>]

Hobbs, B., Means, W. & Williams, P. (1981): **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL”**. - 518p. Ediciones Omega Barcelona.

Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (2011). **GEOLOGÍA**. Consulta 20 de noviembre de 2020 [<https://www.icgc.cat/es/>].

Kalliokoski, J. (1965) **GEOLOGY OF NORTH-CENTRAL GUAYANA SHIELD, VENEZUELA**. En: Geol. Soc. Of América. Bull., Vol. 76, Núm. 9, pp. 1.027-1.050.

Le Bas M, J, & Streckeisen A. L. (1991) **“JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY”**, Vol. 148, University of Leicester, London pp. 825-833.

Macabril G., M. E., & Serrano B., A. M. (2010). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA ALTA A MEDIA DEL RÍO SAN RAFAEL, CON FINES DE ORDENAMIENTO URBANÍSTICO Y MEJORAS. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamentos de Geología y Geotecnia. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado (inédito).

Maldonado, Y. (2021). **“ROCAS METAMÓRFICAS, TIPOS, CLASIFICACIÓN Y EJEMPLOS”** Recuperado el 14 de junio de 2023 [<https://geologiaweb.com/rocas/rocas-metamorficas/>]

Martínez, J., y Nuñez, L., (2018). Trabajo de grado titulado **“REINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LA PARTE SURESTE DE LA HOJA GEOLÓGICA CIUDAD BOLÍVAR (7440) A ESCALA 1:100.000, DEL ESTADO BOLÍVAR, COMO PARTE DEL PROGRAMA DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA NACIONAL QUE DESARROLLA EL INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMIN)”** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; Trabajo no publicado.

Mendoza, V. (1974). **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA (RESUMEN)**. II Congreso Latinoamericano de Geología, MEM. Caracas. pp 75.

Mendoza S., V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente (Bolívar)/Escuela de Ciencias de la Tierra-Minera Hecla Venezolana C.A., pp. 49-96.

Mendoza B Haydee Carolina (2004), en el “**INFORME GEOLOGICO HOJA MARHUANTA (N° 7540) ESCALA 1:100.000**” del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), sede de Ciudad Bolívar.

Mendoza, V. (2005) **GEOLOGIA DE VENEZUELA ESCUDO DE GUAYANA, ANDES Y CARIBE**. Tomo I. Escuela de Ciencias de la Tierra

Mendoza, V. (2012) **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA, RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA Y REVISIÓN DEL PRECÁMBRICO MUNDIAL, GEOLOGÍA DE VENEZUELA**. Editorial GranColombiaGold. Bogotá, Colombia.

Menéndez, D. (1968) **GEOLOGÍA GENERAL**. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela. P.89.

Mexicano, S. G. (Servicio Geológico Mexicano) (2017) “**ROCAS, INTRODUCCION**”. 27 de octubre de 2021. [<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Introduccion-rocas.html>].

Murillo, N. (2005). **MAPA GEOLÓGICO DE LA HOJA 7540: MARHUANTA (ESCALA 1:100.000)** [Documento electrónico]. Universidad de Oriente (Bolívar), Escuela de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología. Ciudad Bolívar, Bolívar: Trabajo de Grado [inédito].

Navarrete, E. (2009) **APUNTES DE ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA**. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil – Ecuador, pp 14 - 17.

Ochoa, G. (1983) **FORMACIÓN GEOLÓGICA DEL MACIZO GUAYANÉS**. Terram Publicaciones, Santiago. Pp.67-129

PDVSA Intevep S.A. (1997). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO ELECTRÓNICO DE VENEZUELA** [CD]. (septiembre de 2000). (Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura, Ed.) Los Teques, Miranda, Venezuela.

Petróleos de Venezuela (PDVSA, 2018) **“ESTUDIO PETROGRÁFICO DE MUESTRAS DE SUPERFICIE PERTENECIENTES A AFLORAMIENTOS UBICADOS EN LA HOJA GEOLÓGICA CIUDAD BOLÍVAR, PROVINCIA GEOLÓGICA DE IMATAKA, ESTADO BOLÍVAR”**. Dirección ejecutiva de exploración, gerencia corporativa de laboratorios y nucleotecas. Laboratorio Geológico Oriente El Chaure. Informe interno. P.p 1, 23.

Pozo, M. González, J. y Giner, J (2007) **GEOLOGIA PRÁCTICA. INTRODUCCION AL RECONOCIMIENTO DE MATERIALES Y ANÁLISIS DE MAPAS**. Universidad autónoma de Madrid. Pearson Prentice Hall. Madrid España. P 3.

Ramsay, J. (1987) **DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LAS ROCAS**. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, LJC, Caracas. Trabajo de ascenso. P. 37.

Reading, A. (1999) **STABILITY OF TROPICAL RESIDUAL SOILS FROM DOMINICA, WEST INDIES**. Eng Geol. 31 pp. 27-44.

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

Soriano Gemma (2013). **“GEODINÁMICA, TEMA VII”**. Universidad de Coruña, pp 29 y 32.

Suarez, J. (2009) **DESLIZAMIENTOS-ANÁLISIS GEOTÉCNICO. VOLUMEN I. UNIVERSIDAD DE SANTANDER**. Colombia. Pp. 389-390.

Tarbut, Edward y Lutgens, Frederick. (2005). **“CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA”**. Edición Pearson-Prentice Hall, 8ª ed. Madrid. Pp 64.

Teixeira, W., Tassinari, C., & Mondin, M. (2002). **CARACTERÍSTICAS ISOTÓPICAS (ND E SR) DO PLUTONISMO INTRUSIVO NO EXTREMO NW DO CRÁTON AMAZÔNICO, VENEZUELA, E IMPLICAÇÕES PARA A EVOLUÇÃO PALEOPROTEROZÓICA**. *Geologia USP. Série Científica*, 2, 131-141. [<https://doi.org/10.5327/S1519-874X2002000100011>].

ANEXOS

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

Título	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DEL FUNDO VILLA RODEO, SECTOR PRADO DEL ESTE, PARROQUIA PANAPANA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
NATASHA NAZARETH. BACA VACCARO	CVLAC	26.139.303
	e-mail	natashabaca487@gmail.co
	e-mail	
JULIAN JOSE DIAZ PIÑANGO	CVLAC	24.620.484
	e-mail	julianjosediazpinango@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

<i>Sedimentos</i>
<i>Columnas estratigráficas</i>
<i>Rocas</i>
<i>Suelos residual</i>
<i>Granulometría</i>
<i>Diaclasas</i>

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
<i>Ciencias Básicas</i>	<i>Geología Estructural</i>
	<i>Topografía</i>
	<i>Sedimentología</i>
<i>Tecnologías</i>	<i>Computación II</i>

Resumen (abstract):

El proyecto de investigación consiste en una caracterización geológica y estructural del fundo Villa Rodeo, Sector Prado del Este, parroquia Panapana, municipio Angostura del Orinoco estado Bolívar, Venezuela. La estrategia adoptada es de nivel descriptivo, con un diseño de investigación de campo y documental para la cual se utilizó una metodología que incluye los aspectos siguientes: la descripción de las características físico - naturales del área, la identificación de las unidades geológicas y las estructuras de la zona mediante el levantamiento geológico de superficie, la clasificación de las estructuras geológicas asociadas a las rocas, la descripción macroscópica de las rocas aflorantes en el fundo Villa Rodeo, la clasificación de los suelos de acuerdo a las normas ASTM-D-2487-00, la descripción de los sedimentos a través del levantamiento de columnas sedimentológicas, y la elaboración de un mapa geológico estructural basado en el levantamiento geológico, usando AutoCAD 2012. Para el logro de los objetivos se realizó el levantamiento de 2 columnas sedimentológicas con la apertura de 2 calicatas, donde se recolectaron (3) muestras de sedimentos; además de (9) muestras de rocas. Entre los resultados más relevantes obtenidos tenemos en primer lugar; las características físico naturales donde se observó que en el fundo Villa Rodeo se encuentran grandes afloramientos y bloques dispersos de diferentes tamaños que presentan meteorización esferoidal a nivel de superficie, con vegetación típica de sabana, y en menor proporción gramíneas. En la zona se identificaron dos unidades geológicas bien definidas que son: Complejo de Imataca y Suelos Residuales. Las estructuras geológicas asociadas a los afloramientos rocosos son familias de diaclasas con direcciones predominantes N40°-70°W, N10°E, y S10°-80°W, las foliaciones con direcciones N54°-68°W con buzamiento 15°-25°NE, y los Sills de cuarzo cuya dirección predominante es N12°-83°W, con espesores promedio que van desde los 2 cm hasta 4 cm. Macroscópicamente los afloramientos rocosos del fundo Villa Rodeo están compuestos por rocas metamórficas, de las (9) muestras, se identificaron (3) como Gneis Granítico, (3) Gneis Feldespático, (2) Gneis y un (1) Gneis cuarzo feldespático, de colores rosado, blanco y gris en su mayoría de textura de grano grueso y de grano fino a medio foliadas. Los suelos que conforman el área de estudio fueron clasificados como arenas mal graduadas de simbología (SP) y arenas limosas de simbología (SP-SM) de partículas finas a medias. El análisis mediante las columnas sedimentológicas mostraron que en la primera columna se tiene dos estratos, donde en la base es de arena de grano muy fino a fino de color negro a marrón y en el tope arena de grano medio a fino con presencia de limo de color amarillo y con tonalidades de color blanco; en la segunda solo se tiene un solo estrato, de arena media limosa de color marrón con presencia de tonos rojizos producto de la oxidación de hierro. En las 2 columnas no se observaron estructuras sedimentarias pero si presencias de raíces. De acuerdo con el mapa geológico se encuentran los Suelos Residuales que abarca alrededor del 40% del área y las rocas del Complejo de Imataca que abarca más del 58% del total del área.

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-(<i>Caracterización Geológica y Estructural del fundo Villa Rodeo</i>).doc	Aplication/msword

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

Alcance:

Espacial: FUNDO VILLA RODEO, PARROQUÍA PANAPANA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

Temporal: 5 años

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Ingeniería

Área de Estudio:

Geología Estructural y Sedimentología

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

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

Cordialmente,

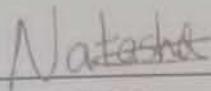
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

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.

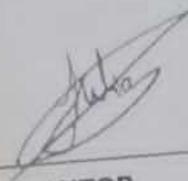
JABC/YGC/marija

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

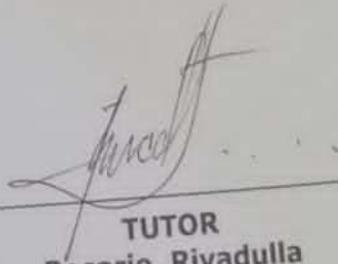
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo,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



AUTOR
Natasha N. Baca V.
C.I.: V-26.139.303.



AUTOR
Julian J. Diaz P.
C.I.: V-24.620.484



TUTOR
Rosario. Rivadulla
3.825.175