

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



**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA,  
USANDO SENSORES REMOTOS DEL ÁREA UBICADA AL SUR  
DEL MUNICIPIO AUTÓNOMO MANAPIARE. ENTRE LOS  
RIOS NICHARE Y CUCHIVERO. ESTADO AMAZONAS**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR LAS BACHILLERES  
BARRETO RAINETH Y  
MEJIAS YNDIRA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE  
GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2022**

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



**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado titulado **“INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA, USANDO SENSORES REMOTOS DEL ÁREA UBICADA AL SUR DEL MUNICIPIO AUTÓNOMO MANAPIARE, ENTRE LOS RIOS NICHARE Y CUCHIVERO. ESTADO AMAZONAS”** presentado por las bachilleres **RAINETH BARRETO E YNDIRA MEJIAS** portadora de la cedula de identidad N° V- 25.849.876 y 20.078.575 respectivamente, como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y Apellido:	Firma
<u>Profesor Enrique Acosta</u> (Asesor)	_____
<u>Profesor Wilmer Zerpa</u> (Jurado)	_____
<u>Profesor Carlos Boscarello</u> (Jurado)	_____
_____ Prof. Rosario Rivadulla Jefe del Departamento de Geología	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar 3 de Julio 2023.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a DIOS por darme siempre la fuerza para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero de lo sensato y darme sabiduría en situaciones difíciles.

A mi pequeña hija Luiselhys V. Alvarado que ha sido mi inspiración para culminar mi carrera, sin ella no hubiese salido adelante porque fue ese motor principal para esforzarme y superarme cada día más.

A mi madre Rosa Valdez por haberme dado la vida y por ser una mujer luchadora, apoyándome cada día en mi crecimiento como persona, logrando escalar y conquistar esta meta trazada en mi vida.

A mi abuela Isabel por tu incesante apoyo cada mañana, madrugada, a ti mi nona dedico este trabajo de grado, que en parte también es tuyo, porque no me dejaste caer en ningún momento.

A mi hermana Emili por apoyarme siempre en los momentos difíciles por los que he pasado durante mis estudios en esta institución, gracias hermanita de mi vida.

***Yndira Mejias***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS, ese ser maravilloso que me dio la fuerza y fe para creer en lo que me parecía imposible terminar.

A mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de mis estudios y por siempre motivarme a finiquitar esta meta trazada en mi vida, como lo es graduarme de Ing. Geólogo.

A la Universidad de Oriente por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de sus senos científicos para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes profesores que me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de tesis, Ingeniero Enrique Acosta por darme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también de haberme tenido la paciencia del mundo para guiarme durante todo el proceso de la tesis.

A todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los semestres de la universidad, y en especial a mis queridas amigas Carolina Salazar, María José Pérez y Dismelvis Gómez; ya que gracias a su amistad y apoyo moral, han aportado un granito de arena a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

A todos ustedes... ¡GRACIAS!

Yndira Mejias

## **DEDICATORIA**

Principalmente A Dios por ser el inspirador, por guiarme a lo largo de mi carrera, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres Holis Aguilera y Reinaldo Barreto por su amor,educaciòn, constante trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar a culminar esta meta. Sus bendiciones a lo largo de mi vida me protegen y me llevan por el camino del bien.

A mis hermanos Rainolis y Reinaldo por estar siempre presente brindandome todo su apoyo y amor.

A mi novio Manuel Infante quien estuvo apoyàndome en cada decisiòn que tome, siempre alentandome para seguir adelante, gracias por todo tu amor y paciencia para conmigo.

A toda mi familia por su apoyo incondicional y siempre guiandome por el buen camino para culminar con éxito esta meta.

A mis abuelas que desde el cielo me guiaron en cada paso recorrido durante toda mi carrera.

Raineth Barreto

## AGRADECIMIENTO

Ante todo agradezco A Dios, ser divino por darme la vida y guiar mis pasos día a día, por brindarme la sabiduría y entendimiento necesario para la consolidación de esta meta.

Agradezco mis padres Holis Aguilera y Reinaldo Barreto quienes son mi motor y mi mayor inspiración, por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi novio Manuel Infante quien formo parte importante durante toda mi carrera, gracias por ser un apoyo incondicional en mi vida, por tu paciencia, por tu generosidad y por tu aliento cuando veías que ya no podía más.

A mis hermanos Rainolis y Reinaldo por su cariño y haberme apoyado siempre durante todo este proceso.

A mi tía Elis por todo su amor, apoyo durante toda mi carrera y palabras de aliento. A toda mi familia por sus oraciones y consejos, que de alguna u otra forma me acompañan en mis sueños y metas.

A mis abuelas aunque no estén físicamente me acompañaron y guiaron para seguir adelante.

A la prestigiosa Universidad de Oriente por haberme otorgado la oportunidad de formarme como profesional, y ser egresada en tan honorable casa de estudio. A los profesores por abrirme las puertas antes un mundo de conocimientos que me ayudaran en el futuro cercano como profesional.

A mi tutor Ingeniero Enrique Acosta quien con sus conocimientos y apoyo me guiò a través de cada una de las etapas de esta tesis, mi más profundo agradecimiento.

Y a todos los empleados que coforman la Universidad de Oriente que sin su labor no se hiciera posible el funcionamiento de esta casa de estudio.

Raineth Barreto

## RESUMEN

Se realizó un estudio interpretativo, usando tecnología satelital en la zona ubicada entre los ríos Cuchivero y Nichare, ubicado al sur de la población de Caicara, en los límites con el estado Amazonas, Municipio Autónomo Manapiare. Para tal fin, se revisaron las imágenes satelitales NB-20-5 a escala 1:250000, el modelo de elevación digital de la página oficial del United State Geological Survey, (Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS) específicamente las imágenes de radar de la misión The Shuttle Radar Topography Misión. (STRM) y la aplicación Qgis. La metodología de la investigación se sintetizó en cuatro (4) etapas. La primera tiene que ver con todo lo relacionado con la recopilación de información bibliográfica y cartográfica. En la segunda etapa se revisó visualmente las imágenes y se identificaron elementos tales como textura, relieve, brillo, tono, drenaje y fracturamiento. Estos elementos fueron usados para determinar cada uno de los parámetros a interpretar. El resultado de esta segunda etapa fueron los mapas borradores de: mapa topográfico, derivado de la aplicación Qgis, unidades geológicas, características tectónicas, lineamientos y las características morfoestructurales deducidas a partir del modelo de elevación. En la tercera etapa se procesó la información para la elaboración de los mapas temáticos geológico-estructural, geomorfológico y el modelado en 3D. También se usó la interpretación de lineamientos para poder establecer las tendencias de deformación. Desde el punto de vista geológico, el área se encuentra enmarcada dentro de las rocas ígneas del denominado grupo Cuchivero, el cual incluye rocas volcánicas riolíticas y asociaciones comagmáticas con granitos calcoalcalinos de Proterozoico, específicamente dentro de las secuencias de la Formación Caicara. En el esquema geo-estructural, se identificaron claramente un conjunto de estructuras que en la mayoría de los casos presenta una dirección NW y algunas estructuras circulares muy interesantes las que tienen una relación estrecha con grandes intrusivos de rocas básicas y posiblemente con las Carbonatitas. También, de acuerdo a la interpretación geomorfológica, se observaron dos grandes depresiones tectónicas entre los ríos Nichare y Cuchivero, con rumbos similares; además, existen otros remanentes de depresiones en la parte Sur, con direcciones paralelas y otras casi perpendiculares.

Estos argumentos permitieron diferenciar 2 tipos de paisajes:

El paisaje de montaña, constituido por Lomeríos bajas, montañas altas y Valles y lomerías.

# CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE ANEXO .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR .....</b>	<b>3</b>
1.1 SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO .....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>7</b>
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	7
2.2 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO .....	8
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NATURALES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	9
2.3.1 Clima .....	9
2.3.2 Vegetación .....	10
2.3.3 Geomorfología.....	10
2.3.4 Hidrografía .....	12
2.4 GEOLOGÍA REGIONAL .....	13
2.5 GEOLOGÍA LOCAL .....	19

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
<b>3.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2.1 Sensores remotos</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2.2 Teledetección o percepción remota</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2.3 interpretación</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2.4 Criterios para la interpretación visual</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.1 Geología</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.2 Geomorfología</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.3 Topografía</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.4 Relieve</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.5 Buzamiento</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3.6 Rumbo</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.7 Azimut</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.8 Estructuras geológicas</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.9 Fallas</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3.10 Erosión</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3.11 Patrón espacial</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3.12 Forma-tamaño</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3.13 Imagen satelital</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3.14 Imágenes de radar</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3.15 Mapa geológico</b> .....	<b>33</b>
<b>3.3.16 Mapa estructural</b> .....	<b>33</b>
<b>3.3.17 Mapa geomorfológico</b> .....	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>35</b>
<b>METODOLOGÍA DEL TRABAJO</b> .....	<b>35</b>
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	35
<b>4.1.1 INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL</b> .....	<b>36</b>
4.3 ETAPA DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
4.3.1 Etapa I. Recopilación de la información .....	37
4.3.2 Etapa II. Interpretación de imágenes de sensores.....	38
4.3.3 Etapa III. Interpretación de los resultados .....	41
4.3.4 Redacción del informe final .....	42
<b>4.4 POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>43</b>
<b>4.5 MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>43</b>
<b>4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	<b>44</b>
<b>4.6.1 Técnicas de recolección de datos</b> .....	<b>44</b>

<b>4.6.2 Instrumentos para recolección de datos</b> .....	44
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>47</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
5.1 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS Y EL PATRÓN DE DRENAJE; A TRAVÉS DE LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA .....	47
5.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS .....	47
<b>5.1.1.1 Unidad de Montañas altas (UM)</b> .....	48
<b>5.1.1.3 Unidad de Paisaje de Valles (UV)</b> .....	49
<b>5.1.2 Perfiles geomorfológicos</b> .....	50
FIGURA 5.5 RELACIÓN ENTRE LA TOPOGRAFÍA Y EL DRENAJE DE LA ZONA.....	53
5.2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN TRIDIMENSIONAL (3D) DEL RELIEVE DEL ÁREA .....	54
5.4 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL ÁREA EN ESTUDIO Y SU INFLUENCIA EN EL MODELADO DEL PAISAJE.....	59
5.1.2 Tendencia NF (I) .....	60
5.1.2 Tendencia NE (II).....	61
5.1.2 Tendencia NW (III) .....	61
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>
CONCLUSIONES .....	62
RECOMENDACIONES .....	63
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>67</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación mediante coordenadas UTM del área de estudio.....	7
2.2 Minas diamantíferas ubicadas en la zona de estudio. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
2.3 Cuenca de la Quebrada Grande y sus alrededores (C.V.G. TECMIN, C.A. 1994). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Cuchivero y su relación litotectónica con los cratones de Sudamérica y África (Sidder y Mendoza, 1995 y Martín, 1972 en Mendoza, V. 2000). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5 Imagen A: Megafracturas que controlan el emplazamiento de carbonatitas y kimberlitas en la Provincia Geológica de Cuchivero. Imagen B Localización estructural o controlada de kimberlitas en el área de Quebrada Grande, Guaniamo, Distrito Cedeño del Estado Bolívar. (Rodríguez, S. 1997 en Mendoza, V. 2005).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6 Dominios litotectónicos de Guaniamo (Dominic, M. y otros, 2001). <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
2.7 Mapa geológico local del área de estudio (Quinto, D. y Torres, D. 2016). <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.1 Flujograma de la metodología.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2 Vista desde el oeste de la imagen satelital correspondiente a la zona de Guaniamo. ....	38
4.3 Imagen Google Earth, de una porción de la zona de Guaniamo. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
5.1 Imagen satelital correspondiente a un sector de la mina diamantífera de Guaniamo N50W. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2 Relieves y litologías de la zona de estudio, deducidos a partir de la imagen Google Earth. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3 Perfil A-A', elaborado a partir de la imagen Google Earth y representado en la Figura 5.2. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.4 Mapa geológico-estructural de los intrusivos máficos y félsicos en la zona noreste del área de guaniamo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas U.T.M. Regven de ubicación del área de estudio.....	8
2.2 Unidades litodémicas de la Provincia de Cuchivero (Mendoza, V. 2000). .	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	

## **LISTA DE ANEXO**

1 MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL

## INTRODUCCIÓN

Hacia el occidente del Estado Bolívar, en el Municipio Cedeño, se localiza una zona, que desde el punto de vista geológico-estructural son de gran importancia debido a su complejidad estructural y potencialidad geoeconómica, razones por las cuales se tomó como base para la realización del presente estudio.

Elevadas anomalías aéreas radimétricas y magnéticas de trabajos contratados por Codesur en el año 1970, permitieron identificarlas sobre el Cerro Campana, cuerpo alargado, de forma elipsoidal, dentro de una gran estructura circular, tipo impacto meteórico, en el límite del municipio Cedeño con el Estado Amazonas, como una carbonatita que fue nombrada desde entonces Cerro Impacto (Mendoza, V. 2012).

El Cerro Impacto tiene un buen potencial para piro-cloro como fuente de Nb, pero debe ser evaluado y la logística y costos en esa muy inaccesible zona es muy costosa.

Por lo antes mencionado es que se realiza este trabajo de prospección, mediante el análisis de imágenes multiespectrales. Es muy importante para zona extensa y de difícil acceso que abarcan una gran parte de sur del territorio. Sin embargo, con la ayuda de herramientas tecnológicas de teledetección se realizan estudios sobre la geomorfología, y composición superficial del Escudo Guayanés.

El estudio está estructurado en 5 capítulos. Capítulo I comprende situación a investigar: donde se plantea el problema que motivo la investigación, los objetivos para desarrollar la investigación y la importancia de la solución del mismo. Capítulo II Generalidades: en el cual se especifica las generalidades del proyecto, como está comprendida las características físicas y naturales. Capítulo III Marco teórico: corresponde a las bases teóricas necesarias para explicar los fundamentos o teorías utilizadas para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. Capítulo IV Metodología del trabajo: en el cual se desglosan las técnicas e instrumentos utilizados para desarrollar los objetivos planteados en la investigación y por último el Capítulo V Análisis e interpretación de los resultados.

Cumpliendo los 5 capítulos, se plantearon las conclusiones y recomendaciones que sugirieron luego de realizar la investigación.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación objeto de estudio

En el año 1988, la empresa C.V.G. TECNICA MINERA C.A realizó un mapa en base a la **INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LA HOJA NB-20-5, A ESCALA 1: 250.000**. La utilidad de este trabajo radica en se hizo un inventario a escala regional de la zona de Puerto Ayacucho.

El presente trabajo es la segunda parte de un proyecto de investigación ubicado en la hoja NB-20-5, entre los Ríos Nichare y Cuchivero el cual busca mediante la exploración remota, mejorar la anterior interpretación aplicando la tecnología satelital moderna.

Esta actualización se abordó reinterpretando el área y elaborando los mapas temáticos de drenaje, lineamientos, unidades geológicas y geomorfológicas, usando las imágenes, de libre adquisición. Estas imágenes serán trabajadas con programas modernos, tales como GLOBAL MAPPER y arcGIS.

El uso de los sensores remotos se aplica a esta área en particular debido a lo económico del proceso y porque es un medio viable para estudiar zonas de difícil acceso en cuanto a lo intrincado de la vegetación, costosa logística en cuanto a la lejanía de centros poblados y además de mitigar el riesgo que acarrea ir a campo en zonas fronterizas..

La revisión previa de la zona de estudio indica que geológicamente está ubicada en la Provincia Geológica de Cuchivero, perteneciente a una de las cuatro provincias geológicas que conforman el escudo de Guayana.

El resultado es caracterizar la geomorfología del noroeste del macizo guayanés, a escala 1:50.000, mediante la integración de datos bibliográficos y la información obtenida mediante el análisis e interpretación de imágenes satelitales.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Interpretación geológica y geomorfológica, usando sensores remotos del área ubicada al Sur del Municipio Autónomo Manapiare, entre los ríos Nichare y Cuchivero. Estado Amazonas.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar la distribución de las unidades geomorfológicas, ubicadas dentro del área de estudio y el patrón de drenaje; a través de la realización del análisis geomorfológico de la zona.
2. Realizar el modelo digital de elevación (MDE) del área, utilizando el software Global Mapper 14.0; para la observación tridimensional (3D) del relieve presente en la zona de estudio.

3. Determinar las unidades geológicas del área comprendida entre los ríos Nichare y Cuchivero.
4. Analizar las características estructurales del área en estudio y su influencia en el modelado del paisaje.

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

Esta investigación busca complementar, actualizar y mejorar la información correspondiente a la zona ubicada al sur de la hoja NB-20-5, en cuanto a la litología, geomorfología y tectónica; con la finalidad de generar los mapas geomorfológico y geológico-estructural de manera que sirvan como base para posteriores investigaciones académicas y científicas, sobre todo lo relacionado con el Cerro Impacto, el cual es un prospecto desde el punto de vista geoeconómico y estratégico.

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

El estudio consiste en una interpretación geomorfológica en el sector comprendido entre los Ríos Cuchivero y Nichare, Municipio Autónomo Manapiare, estado Amazonas; que incluye la interpretación geológica y estructural; análisis de las topoformas, el estudio de las estructuras geológicas y tendencia preferencial de fracturamiento y cómo influye ésta en el modelado del relieve. Finalmente la elaboración del mapa geomorfológico, donde se representarán las unidades de paisaje y estructuras geológicas de la zona.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

1. Escasa información sobre la zona de estudio.
2. Poca disponibilidad de la cartografía actualizada para preparar los mapas temáticos

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio está situada en el Municipio Autónomo Manapiare, Estado Amazonas (Figura 2.1).

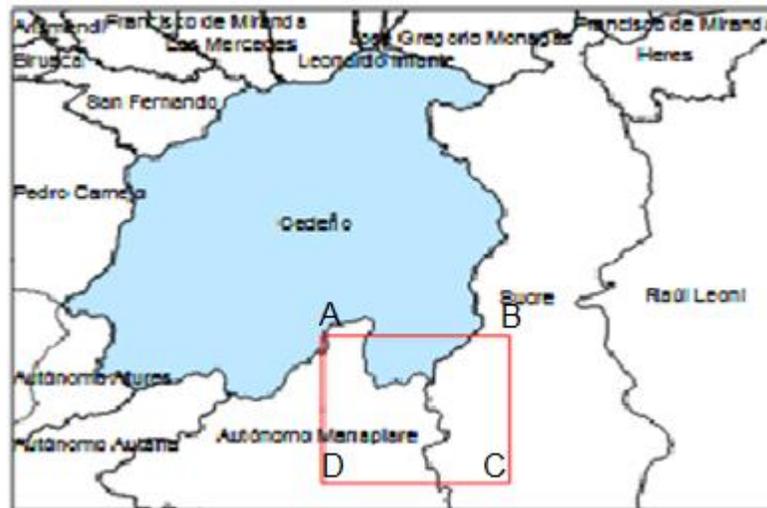


Figura 2.1 Ubicación regional del área de estudio.

Geográficamente el área conforma un rectángulo de 100 km de largo y 110 km de ancho, lo que representa 11 km<sup>2</sup>, cuyos vértices se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Coordenadas U.T.M. Regven de ubicación del área de estudio.

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
A	660.000	190.000
B	660.000	300.000
C	560.000	300.000
D	560.000	190.000

## 2.2 Acceso al área de estudio

El acceso a la zona de estudio se puede realizar primeramente por vía terrestre a través de una carretera asfaltada Troncal 19, que une a Ciudad Bolívar con Caicara del Orinoco (370 km).

A partir de Caicara, se puede acceder por vía fluvial usando el río Cuchivero, aguas arriba hasta llegar a la zona. La mejor época para la navegación del río es en invierno, En verano la navegación se hace escabrosa por la presencia en el cauce de muchos obstáculos.

El acceso también puede hacerse por vía aérea, desde el aeropuerto de Caicara del Orinoco, usando helicópteros pequeños, hasta helipuertos ubicados en el Cerro Impacto, los cuales requieren revisión de su estado, ya que tienen tiempo sin uso.

## 2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

### 2.3.1 Clima

Los estudios más actualizados datan del año 1994 y fueron realizados por la empresa C.V.G. TECNICA MINERA, (C.V.G. TECMIN). Las condiciones físicas y naturales se extrajeron de ese estudio (Tabla 2.2).

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, en el área de estudio, se presentan dos tipos climáticos, un clima tropical de sabana (Awg'i), representado por las estaciones Cabruta, Caicara del Orinoco, La Urbana, San Pedro Pijiguaos y Puerto Páez, y un clima tropical lluvioso, variedad monzónico (Ami), representado por la estación La Sabanita (C.V.G. TECMIN, 1994).

Tabla 2.1 Variables climatológicas extraídas del informe de C.V.G. TECMIN, 1994.

<b>Variable climatológica</b>	<b>Media anual</b>	<b>Mes de máxima intensidad</b>	<b>Mes de mínima intensidad</b>
Humedad relativa	73 %	Junio a Octubre	Febrero a Marzo
Dirección del viento	4 Km/h y 10 Km/h		
Radiación solar	370 Cal/cm <sup>2</sup> .día	Diciembre a Marzo	Mayo a Agosto.
Temperatura	26,5 °C,	Marzo a Abril	Julio
Precipitación	1850 mm.	Julio y Agosto.	Enero
Evaporación	2050 mm	Marzo	Julio.

### **2.3.2 Vegetación**

Según C.V.G. TECMIN C.A. (1994), “la vegetación en la zona es muy extensa. La vegetación de la zona se clasifica, de acuerdo a tres tipos de bioclimas: Tropófilo Macrotérmico, Ombrófilo Macrotérmico y Submesotérmico, presentándose en cada uno de ellos formaciones vegetales adaptadas a las condiciones particulares del medio y localizadas en diversos tipos de paisajes, con las correspondientes variaciones de suelos”.

En general, la vegetación del área presenta un carácter siempre verde, aunque por las condiciones minerales, también se presentan “manchas” o sectores de vegetación semidecidual a decidua, especialmente en áreas con suelos muy superficiales y esqueléticos asociados a afloramientos rocosos.

### **2.3.3 Geomorfología**

La presencia de diferentes tipos de formaciones geológicas, de distinta litología y estructura, sometidas a los efectos de un intenso tectonismo y a la acción de los agentes climáticos, ha impulsado profundos procesos de modelado de la corteza terrestre, resultando un relieve general, caracterizado por grandes contrastes y plasmado en un exuberante paisaje

Basado en el estudio del mapa topográfico, se reconocen 4 unidades geomorfológicas contrastantes, de las cuales tres (3) pertenecen al Paisaje de montaña y uno (1) pertenece al Paisaje de Valles (Figura 2.2).

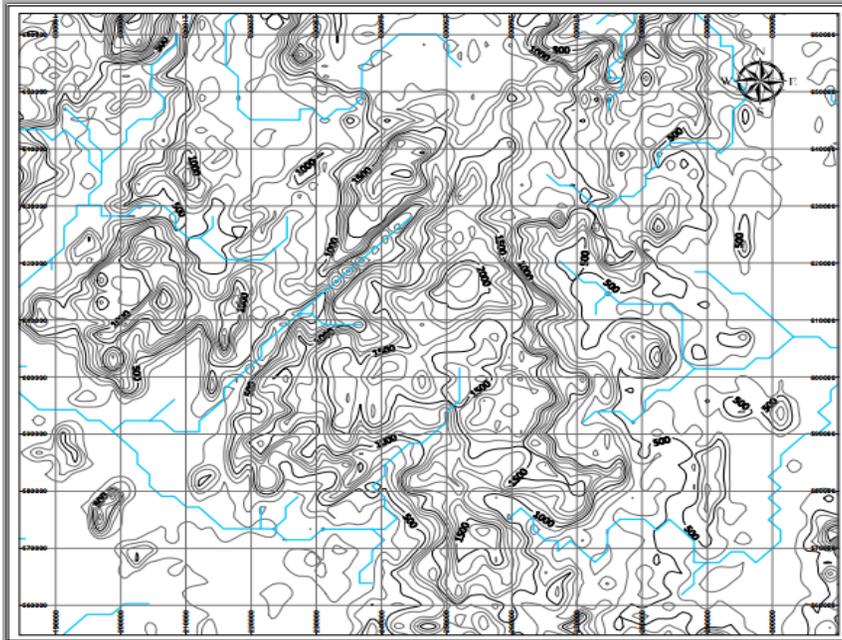


Figura 2.2 Plano topográfico generalizado, con curvas de nivel separadas cada 50 msnm (Extraído del procesamiento de la imagen satelital).

### 2.3.2.1 Paisaje de planicie

Dentro del Paisaje de planicie se destacan las planicies aluviales, las cuales Abarca aproximadamente un 30% del área total. Se encuentra en la parte norte, y hacia el extremo Este y suroeste de la zona. Está caracterizada por presentar alturas máximas que apenas alcanzan los 100 msnm, conformadas por superficies planas con pendientes suaves de 0% a 4%. Presenta un perfil topográfico rectilíneo, sin desniveles significativos y un micro- relieve irregular con surcos (C.V.G. TECMIN, 1994).

Genéticamente la mayoría de las planicies tienen un carácter combinado deposicional residual. Las planicies deposicionales residuales presentan características que dependen de los procesos tectónicos y de meteorización ocurridos

en el basamento granítico, sobre el que se depositó un manto superficial de sedimentos aluviales y coluviales (C.V.G. TECMIN, 1994).

### **2.3.2.1 Paisaje de montaña**

Representan el 70 % del área, conforma zonas con alturas entre los 250 y 2000 m.s.n.m, pendientes mayores a 30%. Dentro del paisaje de montaña destacan las montañas altas, lomeríos bajos y cuerpos circulares. En general, la parte Este de la serranía presenta las mayores alturas, con crestas bien definidas de perfil agudo y escarpes, limitadas por vertientes pronunciadas que le confieren al paisaje una topografía accidentada.

Su génesis y evolución combina procesos tectónicos (cizallamientos, intrusiones) con procesos erosivos, así mismo la vegetación, humedad y altas temperaturas favorecen los procesos físico-químicos que atacan las rocas, originando material de alteración y oxidación que es erosionado y arrastrado por escurrimiento superficial hacia las partes más bajas. (C.V.G. TECMIN, 1994).

### **2.3.4 Hidrografía**

Desde el punto de vista hidrográfico, el cuerpo de agua más importante que drena la zona en estudio es la subcuenca del río Cuchivero, ubicada en dirección Noreste de la zona en estudio.

La subcuenca del río Cuchivero está orientada generalmente hacia el Noroeste, para desembocar en las aguas del río Orinoco. Discurre por un basamento de rocas graníticas y volcánicas, sobre paisajes rebajados de lomeríos, peniplanicies, valles y planicies, desarrollados a lo largo de un sistema de fallas; en la parte central del espacio en referencia, ha sido un tanto desviado hacia el Suroeste, debido tal vez a un obstáculo de litología diferente o a que los planos de debilidad de la zona así lo han permitido (C.V.G TECMIN, C.A. 1994).

Según C.V.G. TECMIN C.A. (1994), al río Cuchivero drenan las aguas del río Cayamá, el cual nace en la Serranía de Maigualida y pasa luego por un valle muy profundo determinado por el control de fracturas, cuya superficie está recubierta por sabanas y arbustales, lo que se debe tal vez al efecto de “sombra de lluvias” (vientos secos o corrientes de aire que han descargado la humedad en áreas anteriores al lugar afectado por las sequías); en las montañas de la Serranía de Maigualida hay redes intrincadas de riachuelos de régimen permanente ubicados a alturas mayores a los 1.000 msnm, formando patrones rectangulares, subrectangulares y dendríticos. En estos paisajes se capta una precipitación de 2.200 mm a 3.000 mm anuales.

## **2.4 Geología regional**

La sección venezolana del Escudo de Guayana ocupa el 25 % del total del área que comparte con Brasil, Colombia, Guyana, Surinam y la Guyana Francesa (Gibbs, A y Barron, C. 1993), en la parte Norte y Oeste el escudo es delimitado por un cinturón plegado fanerozoico, al Este por la Cordillera Colombiana, los Andes y la Cordillera de la costa venezolana, al Sur es separada por el escudo Central Brasileiro y

en la parte izquierda por el Río Amazonas, al Este el Escudo de Guayana está bordeado por el Océano Atlántico, aunque en el pasado específicamente hasta el Cretáceo, estuvo conectado al Oeste Africano, y sus estructuras son continuidad de las ubicadas en el oeste del cratón Africano.

El Escudo de Guayana forma parte del Precámbrico del Cratón Amazónico y del Oeste de África y se continúa en las Guayanas y parte Noroeste de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares. El Escudo de Guayana se extiende al Sur del Río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. En Venezuela, el Escudo de Guayana está dividido por cuatro provincias litotectónicas: Imataca, Cuchivero, Pastora y Roraima (Mendoza, V. 2000) (Figura 2.3).

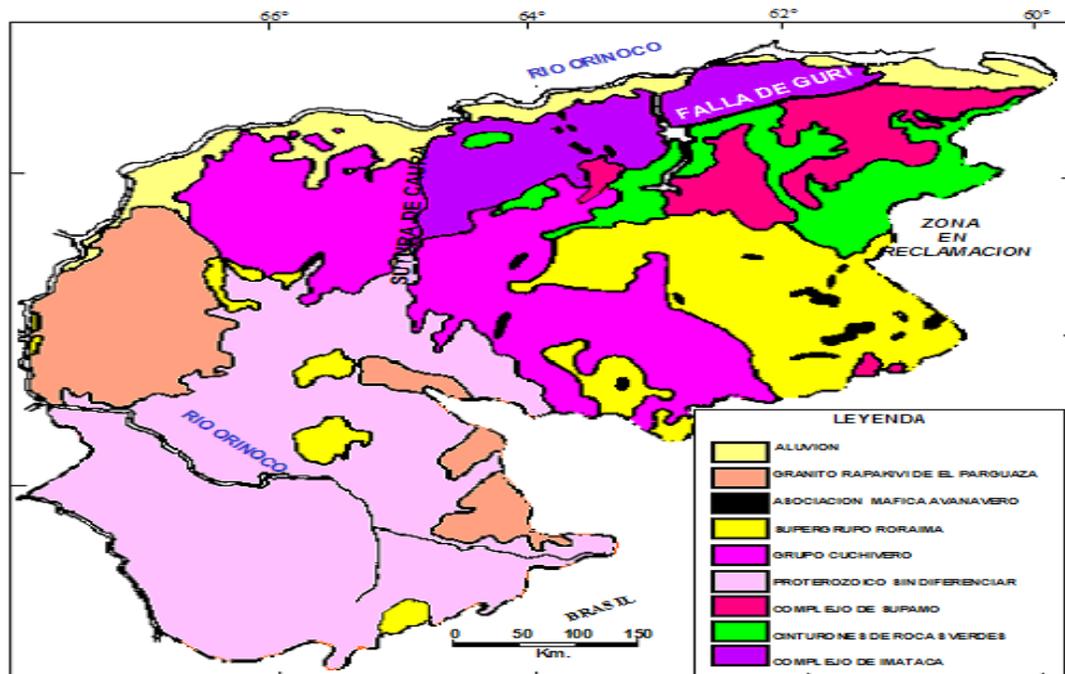


Figura 2.3 Mapa Geológico Generalizado del Escudo de Guayana (Sider y Mendoza, 1995).

El área en estudio del presente trabajo se encuentra ubicada al sur del Río Cuchivero y ésta a su vez está localizada dentro de la Provincia de Cuchivero, ubicada al Noroeste del Escudo de Guayana.

#### 2.4.1 Provincia Geológica de Cuchivero

Esta provincia se encuentra ubicada aflorando al Oeste y al Sur del estado Bolívar, y consiste en rocas félsicas extrusivas e intrusivas, estas rocas características del grupo Cuchivero, yacen en la población de Santa Elena de Uairén al Sur frontera con Brasil, al Norte del territorio Amazonas al Oeste del estado Bolívar y el río Caura. Al Oeste del estado Bolívar se observa una secuencia de rocas volcánicas de la Formación Caicara y las unidades de rocas intrusivas son denominadas Granitos de Guaniamo (Olmata 1968 en Mendoza, V. 2005), Granitos de Santa Rosalía (Gaudette et al. 1978 en Mendoza, V. 2005) y los Granitos de San Pedro (Mendoza, V. 1972 en Mendoza, V. 2005).

Según Mendoza, V. (2005), en la zona de Guaniamito - Suapure afloran las siguientes unidades litoestratigráficas de base a tope: la Formación Caicara, Granito de Santa Rosalía y Granito de San Pedro pertenecientes a la Asociación Cuchivero; Metabasitas y Granito de Guaniamito, el área en estudio se encuentra ubicada en esta zona de Guaniamito - Suapure (Figura 2.4).

<b>TECTONISMO</b>	<b>ZONA CUCHIVERO</b>	<b>ZONA GUANIAMITO - SUAPURE</b>
<i>Facies</i> <i>Molasoides</i>	<i>Supergrupo Roraima</i>	<i>Supergrupo Roraima</i>
<b>1550 Ma</b> <b>1790 Ma</b>	<b>METABASITAS</b>	Granito de Guaniamito <b>METABASITAS</b>
<b>Tectónico Tardío</b>	<b>A S O C I A C I O N</b> Granito de San Pedro	<b>A S O C I A C I O N</b> Granito de San Pedro
<b>Postcolisión</b>	<b>C U C H I V E R O</b> Granito de Santa Rosalía	<b>C U C H I V E R O</b> Granito de Santa Rosalía
<b>1980 Ma</b>	Volcánicas de Caicara	Volcánicas de Caicara

Figura 2.4 Unidades litodémicas de la Provincia de Cuchivero, (Mendoza, V. 2000).

Formación Caicara: definida por Ríos (1972), en una sección transversal a la serranía o “fila” de Morichal Negro a unos 30 Kms al Sur de Caicara del Orinoco, municipio Cedeño del estado Bolívar. Está constituida por un conjunto de rocas volcánicas predominantemente ácidas, tales como riolitas y riolitas porfídica con matriz de grano fino a medio, seguidas en orden de abundancias por riodacitas y dacitas porfídicas. Exhiben una lineación estructural N5°-10°W y buzamiento de ángulo muy alto a vertical. Se observa además intercalaciones de rocas de grano muy fino, afaníticas, muy ricas en cuarzo que probablemente representan tobas cristalinas silicificadas (ignimbritas).

La composición mineralógica es muy similar en toda la región; cuarzo (30-60%), en cristales subhédricos a anhédricos y como relleno de espacios intercrystalinos, con extinción ondulada en muchas de las muestras analizadas; feldespato (25-60%), como microclino perítico, microclino y plagioclasa (albita y

andesina). La biotita es el principal constituyente ferromagnésico (hasta un 5%). Como minerales accesorios se distinguen: epidoto, muscovita, pirita y óxidos de hierro.

La unidad está en contacto intrusivo con los granitos de Santa Rosalía, Guaníamito y San Pedro. Los contactos son nítidos, y se observa un marcado cizallamiento y efectos de metasomatismo (potásico principalmente) a lo largo de ellos en la secuencia volcánica intrusionada. Localmente se encuentra en contacto de falla con el Granito de Parguaza.

Granito de Santa Rosalía: este término fué introducido por Ríos (1972), para designar a una unidad de rocas de composición granítica, expuestas extensamente al Este y al Oeste del río Cuchivero, estado Bolívar. (Mendoza, V. 1972 en Mendoza, V. 2005), la describe en el área del río Suapure y la incluyó en el Grupo Cuchivero. La Formación aflora extensamente desde la Serranía El Mato en El Caura-Pueblo de Santa Rosalía, al Este, hasta El Río Suapure al Oeste y hasta el Río Ventuari al Sur, cubriendo más de 40.000 Km<sup>2</sup>.

Es un granito biotítico, color rosado a gris, de grano fino a grueso, con predominio de la fracción de grano medio a grueso, macizo fanerocrystalino, porfídico, que en zonas restringidas muestra débil foliación. Su composición mineralógica, bastante constante en todas las localidades donde se ha descrito, consiste de cuarzo (35%), biotita como principal componente máfico (5%) y cantidades menores de hornblenda, epidoto, clorita y opacos.

Es hipidiomórfico granular, masiva a cataclástica. El cuarzo es anhedral y presenta extinción ondulada. El feldespato potásico ocurre en cristales subhedrales mayores a 1cm, con buen desarrollo del enrejado microclínico. La plagioclasa varía de albita a oligoclasa, es anhédrica a subhédrica con inclusiones de sericita y epidoto. La biotita generalmente de color verde botella, se presenta en cristales euhedrales como hojuelas entre el feldespato. La hornblenda, de color verde, aparece en algunos casos alterada a biotita y clorita.

Granito de Guaniamito: Ríos (1972), propone este nombre para designar a un conjunto de rocas de composición granítica, con textura gneisica que afloran extensamente al Oeste del río Cuchivero, en la parte Noroccidental del estado Bolívar y lo incluye dentro de la Asociación Ígnea Cuchivero. Esta Formación aflora en el caño del mismo nombre y en el Río Guaniamo. Es un granito hipoabisal, porfídico, rico en hornblenda, con textura gneisica gruesa bien desarrollada hacia la zona de la Falla de Cabruta.

La unidad está constituida por rocas de composición granítica, ricas en félsicos, en gran parte con textura gneisica, de grano medio a grueso holocristalinas, porfídicas, que hacia las zonas de contacto con las rocas volcánicas muestran indicios de metasomatismo y de deformación mecánica. Hacia las zonas centrales de los afloramientos disminuye el carácter gneísico. La roca está constituida por cuarzo (10-30%), feldespato (25-65%), biotita (1-8%) y menores cantidades de muscovita, sericita. Como accesorios comunes se encuentran esfena, epidoto, hornablenda, titanita, zircón y magnetita. Se diferencia este granito del de Santa Rosalía 1) por el desarrollo de esquistosidad y 2) por su composición; el de Santa Rosalía es más rico en cuarzo y más pobre en feldespato potásico.

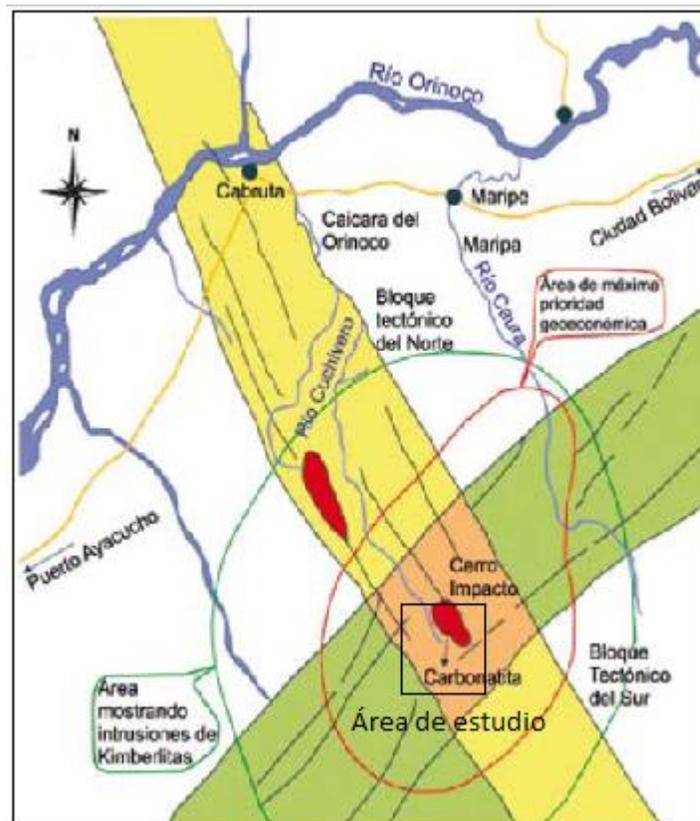
Metabasitas: Las metabasitas son rocas volcánicas de composición máfica (basáltica a andesítica) alteradas deutéricamente o metamorfizadas levemente. Son rocas de grano muy fino que unas veces aparecen intercaladas con las volcánicas de la Formación Caicara, producto del volcanismo bimodal que caracteriza los terrenos del Paleo-Mesoproterozoico a nivel mundial, y otras veces aparecen como diques y sills intrusivos en la Formación Caicara y pueden alcanzar también a los granitos del Grupo Cuchivero, pero no llegan a intrusionar a los granitos rapakivis de El Parguaza, porque estos últimos son mucho más jóvenes, anorogénicos, sin metamorfismo, (Mendoza, V. 2005).

## **2.5 Geología local**

De acuerdo con la interpretación de la hoja NB-20-5, existen 5 litologías bien diferenciadas de acuerdo a los patrones de cada unidad, Estos son, en orden cronológico. En la base se interpretó una litología de textura semi rugosa, con drenaje rectangular y relieve positivo bajo. Esta unidad corresponde a la Formación Caicara del Proterozoico Temprano.

El granito de Santa Rosalía se observa como un batolito ovoide, muy fracturado y deformado por la tectónica. Seguidamente se interpretó un cuerpo intrusivo tubular alargado de rocas máficas. Intrusionando por una zona de debilidad y de forma anular se interpretaron 2 cuerpos similares al Cerro impacto.

El tope lo constituye, según CVG TECMIN (1994), sedimentos aluviales localizados en las márgenes de los ríos Cuchivero y Nichare y en sus planicies de inundación que han originado una extensa franja aluvial a lo largo de los cursos de agua. El tipo de paisaje de esta unidad corresponde a una planicie deposicional, ligeramente disectada e inundable, que presenta un solo tipo de relieve: la llanura de inundación constituida fundamentalmente por la acumulación de sedimentos aluviales.



Megafracturas que controlan el emplazamiento de carbonatitas (Mendoza, V. 2012).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Según Fedupel (Fondo editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, (2011) Los antecedentes de la investigación “Se refieren a la revisión de trabajos previos sobre el tema en estudio, realizados por instituciones de educación superior. Los antecedentes pueden ser: trabajos de grado, postgrado, trabajos de ascenso, resultados de investigaciones institucionales, ponencias, conferencias, congresos, revistas especializadas”.

El trabajo de investigación cuenta con algunos estudios previos que guardan cierta relación con el tema investigado entre los que se mencionan a continuación:

La empresa C.V.G. TECNICA MINERA C.A (1988), realizó un mapa en base a la **INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LA HOJA NB-20-5, A ESCALA 1: 250.000.**

La utilidad de este trabajo radica en se hizo un inventario a escala regional de la zona de cercana al Cerro Impacto. La presente investigación busca actualizar y trabajar las unidades geomorfológicas y geológicas-estructurales, usando las imágenes satelitales modernas.

Ríos, J. (1972) en Mendoza, V. (2012) propone el término de Asociación Ígnea de Cuchivero, en la región de Caicara, para designar a un conjunto de rocas ácidas extrusivas e intrusivas, allí expuestas con tendencia estructural N-NO. Las divide en tres unidades, que de más antigua a más joven son: la Formación Caicara, el Granito de Guaniamito y el Granito de Santa Rosalía.

Entre sus conclusiones más importantes están que el Granito de Santa Rosalía es intrusivo en las cuarzo-latitas de la Formación Caicara, aunque localmente el contacto puede ser de falla. El Granito Rapakivi del Parguaza se deduce intrusivo en el Granito de Santa Rosalía, en atención a la presencia de un granito porfídico con fenocristales de textura rapakivi en una matriz granítica de grano fino, rica en biotita, mineral muy desarrollado (hasta 40%) en la zona de contacto.

Recientemente Abache, Luisana y Figuera, Luis (2021), realizaron la **INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA. USANDO SENSORES REMOTOS DE LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LOS RÍOS NICHARE Y CUCHIVERO. MUNICIPIO CEDEÑO. ESTADO BOLÍVAR**, ubicada al Norte de éste estudio. Concluyeron que las unidades geomorfológicas cartografiadas en la zona de estudio, corresponden a tres unidades de paisajes: Estas son la unidad de Montañas altas (UMA), la unidad de montañas bajas (UMB) y la unidad de llanuras aluviales (ULLA). La (UMA) es la menos abundante, Se caracteriza por montañas con bastante desnivel topográfico y drenaje denso, cuyas alturas varían entre los 1000 y 250 m.s.n.m y pendientes de entre 50° y 70°. La (UMB) es la más abundante, con alturas que oscilan entre 250 msnm y 100 msnm, pendientes que oscilan entre 35° y 45° y la (ULLA) es muy regular y homogénea, contrastando claramente con la unidad de Montañas altas, se hallan las menores altitudes oscilando entre 50 msnm y 100 msnm.

## **3.2 Definición de términos básicos**

En esta sección se describen todos los conceptos técnicos que permiten la comprensión de la situación en estudio, para ello es necesaria una consulta bibliográfica que permita definir procedimientos para llevar a cabo de manera sistemática la investigación.

### **3.2.1 Sensores remotos**

Según Lasselin y Darteyre (1991) en Chuvieco, E. (1990), los sensores remotos son aquellos equipos o instrumentos que proveen técnicas adecuadas para adquirir imágenes de la superficie terrestre a distancia, instalados en aviones o plataformas espaciales; se asume, que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, ya sea por emisión propia.

### **3.2.2 Teledetección o percepción remota**

Según Chuvieco, E. (1990), es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los

objetos y el sensor. En este caso la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

1. Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado).
2. Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico).
3. Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar).

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa.

### **3.2.3 interpretación**

La interpretación es el arte o ciencia de examinar imágenes producidas por un instrumento a partir de radiaciones electromagnéticas emitidas o reflejadas por los objetos, con el propósito de identificarlos, deducir sus características y evaluarlos según el fin que se persigue. La fotointerpretación puede ser directa cuando concierne con objetos visibles y fáciles de identificar. La fotointerpretación es indirecta o correlativa cuando concierne con elementos no visibles directamente, por ejemplo en el estudio de los suelos. En una primera etapa se debe realizar foto lectura, donde mirando la foto a simple vista se pueden reconocer y ubicar los diferentes elementos de la misma (vegetación, caminos, drenajes, entre otros.). Posteriormente se orientan

los fotogramas y se fotointerpreta utilizando estereoscopios, los cuales pueden ser de dos tipos: de bolsillo y de espejo (Chuvieco, E. 1990).

### **3.2.4 Criterios para la interpretación visual**

Una de la principales ventajas del análisis visual sobre el digital es su capacidad para incorporar a la interpretación de la imagen criterios complejos (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

#### **3.2.4.1 Brillo**

El brillo hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro. En un producto fotográfico, los píxeles con tonos oscuros indican aquellas áreas sobre las que el sensor detectó una débil radiancia, mientras las zonas claras son producto de una mayor intensidad (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

#### **3.2.4.2 Color**

El color resulta un elemento básico en la interpretación visual de imágenes. Aquellas superficies con alta reflectividad en el azul y baja en el resto, aparecen con ese color, mientras ofrecen un tinte rojo si absorben las longitudes cortas y reflejan las largas (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.2.4.3 Textura**

Esta variable hace referencia a la heterogeneidad espacial de una determinada cubierta, en definitiva al contraste espacial entre los elementos que la componen. Visualmente se manifiesta como la rugosidad o suavidad de los tonos de gris. Cuanto más similares sean, la tonalidad será más homogénea en el interior de la cubierta, y la textura será más lisa. Por el contrario, si existe una alta heterogeneidad en los niveles de gris de esa cubierta aparecerá como muy rugosa, con textura grosera (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.2.4.4 Sombras**

La variación de las condiciones de iluminación en una cubierta introduce una notable variedad en su firma espectral característica, de tal forma que una misma cubierta puede ofrecer valores de reflectividad bastante contrastados según se sitúe en una vertiente iluminada directamente por el sol, o en umbría (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3 Definición de términos básicos**

#### **3.3.1 Geología**

Rama de las ciencias naturales que estudia la historia, la estructura y los procesos de la tierra. De esta manera la geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación. También se centra en las alteraciones que estas materias han experimentado desde su origen y en el actual estado de su colocación (Iriondo, M. 2007).

#### **3.3.2 Geomorfología**

Es la ciencia que estudia las formas terrestres. Descripción e interpretación de las características del relieve terrestre. Por su campo de estudio, la geomorfología tiene vinculaciones con otras ciencias. Uno de los modelos geomorfológicos más popularizados explica que las formas de la superficie terrestre es el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo entre procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geográfico (Shadmon, A. 2005).

#### **3.3.3 Topografía**

La topografía es una disciplina o técnica que se encarga de describir de una forma muy detallada la superficie de un terreno, pero no solo se limita a realizar la

elevación de campos en los terrenos sino que posee componentes edición y redacción cartográfica, que se encarga de estudiar las elaboraciones de los mapas geográficos (García, Y. 2014).

### **3.3.4 Relieve**

Configuraciones de la superficie de la tierra que toman diferentes formas y están producidos por procesos naturales, es fundamental en los estudios del clima y en la distribución de la floresta. Estos accidentes geográficos se clasifican según su tipología como formaciones montañosas, llanuras y depresiones, y su dibujo responde a la acción del clima y los elementos; a procesos internos de la Tierra, como el movimiento de placas tectónicas (Strahler, A. 1989).

#### **3.3.4.1 Tipos de relieve**

1. Relieves deposicionales: relieves secuenciales creados por la deposición de los sedimentos por parte de un agente de denudación. En ocasiones, estos depósitos pueden ser comprimidos, alterado por procesos químicos, el calor y la presión para convertirse en rocas sedimentarias. Esto incluye accidentes geográficos con algunas de las siguientes características geomórficas: playas, deltas, planicies de inundación y morrenas glaciares (Strahler, A. 1989).

2. Relieves erosionales: tipo de relieve secuenciales modelados por la remoción del regolito o el sustrato por parte de los agentes de erosión (Strahler, A. 1989).

3. Relieves fluviales: relieves modelados por la acción de las aguas corrientes (Strahler, A. 1989).

4. Relieves iniciales: relieves producidos directamente por los procesos terrestres internos de la actividad volcánica y tectónica (Strahler, A. 1989).

5. Relieves secuenciales: relieves producidos por los procesos terrestres externos en la actividad global de la denudación (Strahler, A. 1989).

### **3.3.5 Buzamiento**

Es el sentido u orientación de la inclinación de los estratos en un relieve de plegamiento formado en rocas sedimentarias, que son las que se disponen en forma de capas o estratos (Iriondo, M. 2007).

### **3.3.6 Rumbo**

Se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal (Iriondo, M. 2007).

### **3.3.7 Azimut**

Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. El azimut de un punto hacia al este es de  $90^\circ$  y hacia el oeste de  $270^\circ$  sexagesimales. El término azimut solo se usa cuando se trata del norte geográfico. Cuando se empieza a contar a partir del norte magnético, se suele denominar rumbo o azimut magnético. En la geodesia o la topografía geodésica, el azimut sirve para determinar la orientación de un sistema de triangulación (Iriondo, M. 2007).

### **3.3.8 Estructuras geológicas**

Es un factor dominante de control de las formas del relieve y se reflejan en ellas, las cuales se presentan como manifestaciones directas de las mismas en un área determinada, donde las masas de roca poseen algunas características o aspectos que constituyen una estructura. El estudio de las disposiciones y el significado de las mismas dentro de la geología, se estudian en la geología estructural (Shadmon, A. 2005).

### **3.3.9 Fallas**

Son estructuras en la corteza a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable. Las fallas se forman por esfuerzo tectónico o gravitatorios actuantes en la corteza. La zona de ruptura tiene una superficie ampliamente bien definida denominada plano de falla (Tarbuck, E y Lutgens, F. 2005).

### **3.3.10 Erosión**

Término general para designar la remoción de partículas minerales de las superficies expuestas del sustrato rocoso o la regolita por el impacto del agua, aire o hielo, o por el impacto de las partículas sólidas transportadas por estos agentes (Strahler, A. 1989).

### **3.3.11 Patrón espacial**

Este concepto indica una organización peculiar de los objetos que forman una determinada cubierta. Este criterio se emplea mucho en fotografía aérea. En imágenes de satélite ha estado bastante limitado como consecuencia de la baja resolución de la mayor parte de los sensores disponibles hasta hace años. Permite identificar algunas cubiertas artificiales, como serían las plantaciones forestales, o los campos de golf, que ofrecen en el infrarrojo cercano una peculiar alternancia de sectores de alta reflectividad y media. Similar criterio puede emplearse para identificar tipos de cobertura del suelo, estructuras geológicas o marinas (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3.12 Forma-tamaño**

La forma de un determinado objeto es una clave determinante para identificarlo, ya que su contorno nos permite asimilarlo a alguno de los patrones que nos resultan familiares. Al igual que otros criterios visuales, la forma resulta más determinante en imágenes de alta resolución espacial, ya que permite reconocer el perfil específico de muchos más objetos, limitándose sólo a los de gran tamaño en las imágenes de resolución media. Permite reconocer estructuras geológicas bien definidas: volcanes, domos o lineamientos, así como algunas perturbaciones (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3.13 Imagen satelital**

Una imagen satelital o imagen de satélite se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3.14 Imágenes de radar**

Las imágenes de radar son monocromáticas (blanco y negro). La tecnología de radar puede afectar los valores digitales usados para representar dos áreas muy

similares. Por lo tanto, si un objeto refleja mucho de su energía de radar incidente de regreso al sensor, este tendrá un valor digital relativamente alto y se representará como un pixel blanco. Si un objeto no refleja mucha energía de regreso al sensor, este logrará un valor digital bajo y se representará como un pixel negro (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

Las técnicas de teledetección por radar proporcionan información acerca de la superficie terrestre en relación a: rugosidad de la superficie, condiciones de humedad, topografía y vegetación (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3.15 Mapa geológico**

Mapa que indica la extensión y límites de las diferentes unidades rocosas. Las diferentes rocas o formaciones geológicas y sus edades se representan mediante una trama de colores que las identifican. En el mapa geológico también se representan las deformaciones sufridas por las estructuras geológicas tales como fallas, pliegues o foliaciones. Estas estructuras, del ámbito de la tectónica, se representan en el mapa con diferentes símbolos que junto con la trama de colores son explicados en la leyenda (Strahler, A. 1989).

### **3.3.16 Mapa estructural**

Es un tipo de mapa del subsuelo cuyas curvas de contorno representan la elevación de una determinada formación, yacimiento o marcador geológico en el

espacio, de modo que los pliegues, fallas y otras estructuras geológicas que se muestran con claridad. Su apariencia es similar a la de un mapa topográfico, salvo que este último muestra las elevaciones de la superficie terrestre en tanto que un mapa estructural exhibe la elevación de una determinada capa de roca, generalmente por debajo de la superficie (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

### **3.3.17 Mapa geomorfológico**

El mapa geomorfológico es la representación gráfica de un territorio en un plano. Siempre están orientados hacia el norte geográfico, que normalmente se sitúa en la parte superior del mapa. Se realizan de forma proporcional a la realidad, utilizando escalas y curvas de nivel (Foucault, A. y Raoult, J. 1985).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

Arias, F. (2006), en cuanto a los tipos de investigación, existen muchos modelos y diversas clasificaciones. Sin embargo, lo importante es precisar los criterios de investigación. En este sentido, se identifican: Tipos de investigación según su nivel: Explicativa.

##### **4.1.1 Investigación explicativa**

Según Arias, F. (2006) “La Investigación Explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”.

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos del tema en estudio, la investigación se considera explicativa; porque trata de determinar la morfología, así como también las características morfoestructurales del área, mediante la interpretación de imágenes satelitales; con el fin de obtener las estructuras dominantes y su relación con los distintos tipos de relieves existentes.

## **4.2 Diseño de la investigación**

Arias, F. (2006), considera la investigación documental como “es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”.

### **4.2.1 Diseño de la investigación documental**

El diseño de la investigación empleado en la presente investigación es de tipo documental, ya que se indaga en fuentes bibliográficas y referencias cartográficas, para obtener la mayor cantidad de información, que sirva como base para la elaboración del presente proyecto de investigación. La información bibliográfica es recopilada en libros o bibliografías, trabajos previos referentes a este tema, tales como: informes de avance de las hojas cartográficas NB-20-5 y trabajos de grados, entre otros.

## **4.3 Etapa de la investigación**

Para alcanzar los objetivos planteados, la presente investigación se realizó en cuatro etapas (Figura 4.1).

### **4.3.1 Etapa I. Recopilación de la información**

Se refiere a la etapa inicial de este todo proyecto de grado. El comprende la recopilación documental, bibliográfica y cartográfica.

#### **4.3.1.1 Recopilación documental y bibliográfica**

En toda etapa de trabajo de investigación se lleva a cabo mediante la búsqueda de información y que estén relacionados al tema, específicamente que traten sobre la geología y trabajos geológicos al área de estudio.

Para lograr la recopilación documental y bibliográfica, fue necesaria la revisión de trabajos de grado (impresos y virtuales), referencias electrónicas (páginas web), publicaciones, libros y diferentes autores que realizaron trabajos en zonas aledañas al área de estudio.

#### **4.3.1.2 Recopilación cartográfica**

Entre la cartografía digital revisada, se tomó como base la hoja cartográfica NB-20-5 a escala 1:250000, la hoja 7035-III-SE a escala 1:25.000, también se utilizaron la ortoimagen de radar 7035-II a escala 1:50000 año 2005 y Google Earth; para la digitalización del mapa geológico-estructural se utilizaron las herramientas tecnológicas; Global Mapper 17.0, AUTOCAD 2016.

### 4.3.2 Etapa II. Interpretación de imágenes de sensores

Durante esta etapa se procedió a la revisión visual de las imágenes sensoriales, con el fin de determinar los parámetros necesarios para cada mapa temático (Figura 4.2).

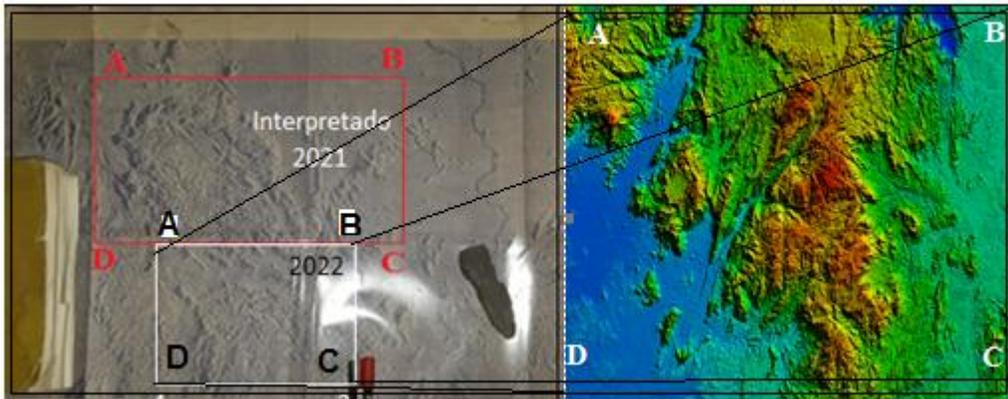


Figura 4.2 I Imagen radar de la hoja NB-20-5, a escala 1:250.000 en el lado izquierdo. Imagen satelital sin escala del área de estudio en el lado derecho.

#### 4.3.2.1 Determinación de las tendencias preferenciales y los patrones estructurales

Para determinar la tendencia preferencial de fracturamiento, se dibujaron sobre un acetato colocado la imagen, los lineamientos identificados, tales como: fracturas, crestas de cerros, drenajes controlados y diaclasas. Seguidamente se hizo un conteo estadístico usando el diagrama de rosas donde se observó la tendencia preferencial, que agrupó a los lineamientos más predominantes en una dirección determinada (Figura 4.3).



Figura 4.3 Interpretación de los lineamientos presentes en la zona de estudio.

#### 4.3.2.2 Delimitación de las unidades litológicas

Para delimitar las litologías, se agruparon y dibujaron en la imagen las unidades litológicas de acuerdo al relieve, texturas, la tonalidad, el drenaje, fracturamiento. De esta manera se comprobaron cinco (5) litologías..

#### 4.3.2.3 Delimitación de las unidades geomorfológicas

Para la delimitación de las topofomas se dibujó sobre la imagen satelital los diferentes relieves (Figura 4.4).



Figura 4.4 Interpretación de la geomorfología y geología a partir de la imagen NB-20-5.

Adicionalmente, el programa suministra una herramienta que permite el trazado de secciones topográficas, y en este trabajo, se usó para la verificación de las unidades geomorfológicas.

Los criterios usados para describir las topoformas fueron los propuestos en la Tabla de composición de las unidades cartográficas de la empresa C.V.G TECMIN, año 1987 (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Algunos elementos de la tabla de composición de C.V.G. TECMIN, (1987)

<b>Unidad geoestructural</b>	<b>Sistema Geomorfológico</b>	<b>Paisaje</b>	<b>Tipo de Relieve</b>
Zócalo	Estructural	Montaña	*Relieve de montaña alta *Relieve de lomeríos bajos *Relieve de cuerpos circulares
	Deposicional	Valle	*relieve de llanuras aluviales

### 4.3.3 Etapa III. Interpretación de los resultados

Esta etapa del trabajo se desarrolló mediante la integración de la información. Se fundamenta en analizar la información obtenida de las imágenes satelitales y los diferentes mapas construidos a partir de estas.

#### 4.3.3.1 Elaboración del mapa geológico-estructural

Para elaborar el mapa geológico-estructural se tomó como base el mapa topográfico, la interpretación sobre el acetato, la hoja cartográfica NB-20-5 a escala 1:250.000, corroborado con el mapa geológico-estructural del USGS, 2006, se delimitaron las áreas del mapa geológico según el patrón que seguían (textura, tonalidad y elevación) y se envió a la mesa de dibujo.

#### **4.3.3.2 Mapa geomorfológico y drenaje**

Para elaborar el mapa geomorfológico se tomó como base el mapa topográfico, la hoja cartográfica NB-20-5, el mapa de geología regional perteneciente al Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana C.V.G Técnica Minera C.A a escala 1:250000, año 1994.

Se aplicaron técnicas de sombreado (2.5D) sobre el modelo de elevación digital a través de la aplicación Qgis para análisis geomorfológico. Se descargó desde Google Earth una imagen satelital del área, específicamente el satélite Copernicus. Se demarco el drenaje presente tomando como base la imagen satelital. Se corroboró el drenaje a través del DEM generado por Qgis empleando la herramienta de aplicación de drenaje y se mejoró con la interpretación realizada sobre el acetato. Una vez revisada con el asesor se envió a la mesa de dibujo.

#### **4.3.4 Redacción del informe final**

Una vez revisado todas las etapas de la exploración, y luego de la interpretación y estudio de datos e informaciones recopiladas en oficina, se procedió a redactar las conclusiones y recomendaciones finales, cumpliendo con el objetivo propuesto, y para realizar la estructuración completa del trabajo, según el manual de trabajo de grado de la Escuela de Ciencias de la Tierra.

#### **4.4 Población de la investigación**

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

En este caso la población objetivo es el área ubicada al sur, entre los ríos Nichare y Cuchivero. Municipio Autónomo Manapiare. Estado Bolívar.

#### **4.5 Muestra de la investigación**

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

En esta investigación la muestra es igual a la población, ya que los objetos de estudio están plasmados en una imagen, y en conjunto serán analizados de acuerdo a los parámetros de interpretación y fotogrametría.

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

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; La observación directa, la encuesta en sus modalidades (entrevista o cuestionario), análisis documental, análisis de contenido, etc. (Arias, F. 2006).

### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

Son las inventivas de los investigadores utilizadas para el almacenamiento y preservación de la información recolectada tanto en campo como en oficina.

#### **4.6.1.1 Análisis documental**

Permite la recolección de información ajustada a la investigación con el propósito de complementar y sustentar los datos obtenidos; a través de libros, normas, tesis, publicaciones electrónicas, registros técnicos o cualquier otra información que sirva de ayuda y se encuentre disponible.

### **4.6.2 Instrumentos para recolección de datos**

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formato de cuestionario, guías de

entrevista, lista de cotejo, grabadores, escala de actitudes u opinión (tipo likert), etc. (Arias, F. 2006).

Se utilizaron recursos tanto en físico como en digital para obtener, registrar o manipular los productos generados y para su posterior análisis e interpretación. Entre los instrumentos utilizados tenemos: computadoras, escáner, impresoras, fotocopadoras, pendrives, resmas de papel bond tamaño carta, lápiz, libretas, glosarios, marcadores, hojas de acetato, hoja cartográfica e imágenes satelitales (Figura 4.5).

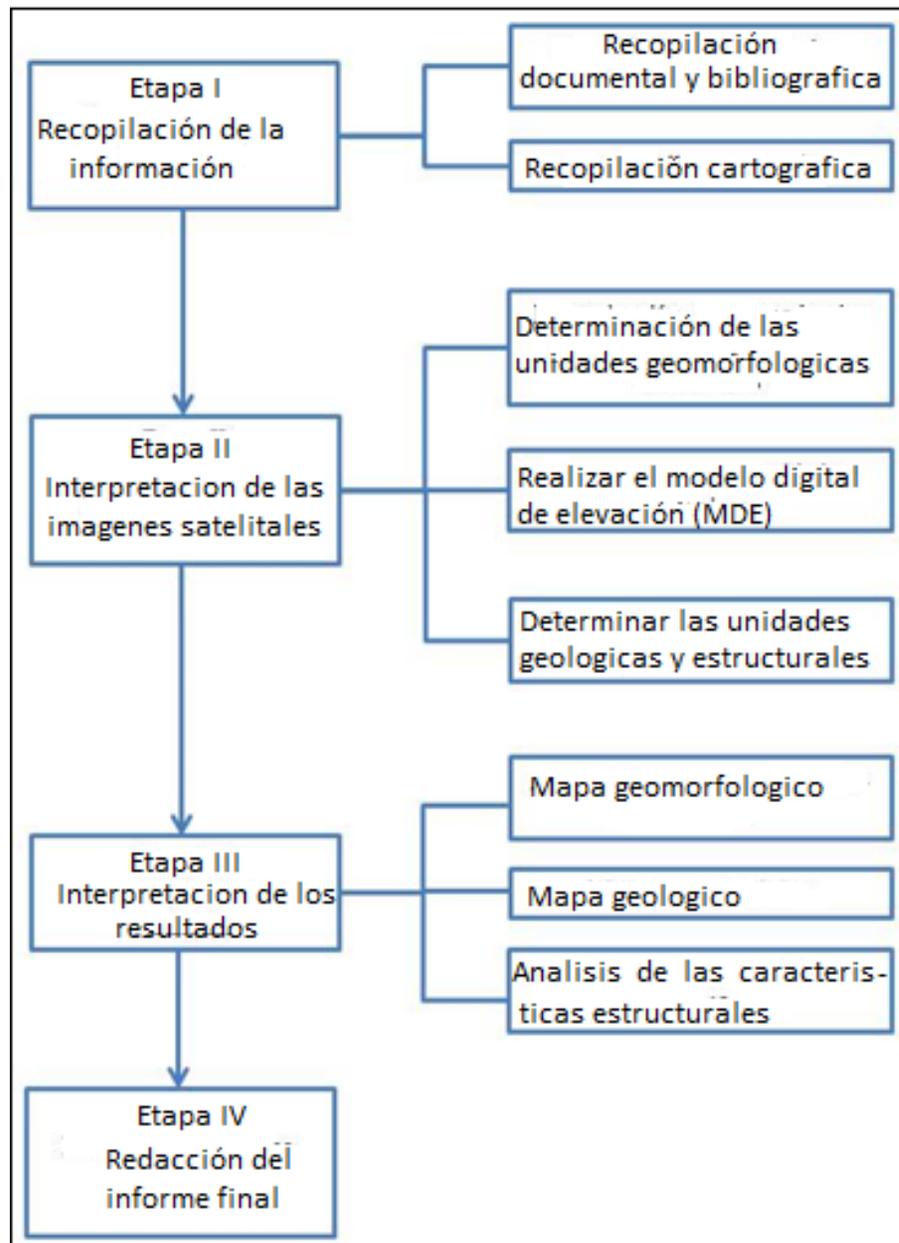


Figura 4.5 Flujograma de la metodología empleado en el este trabajo de investigación

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se le da respuesta a todos los objetivos específicos planteados en la presente investigación.

#### **5.1 Determinación de la distribución de las unidades geomorfológicas y el patrón de drenaje; a través de la realización del análisis geomorfológico de la zona**

##### **5.1.1 Distribución de las unidades geomorfológicas**

El análisis del relieve describe la organización general de las formas del relieve en la región (Figura 5.1).

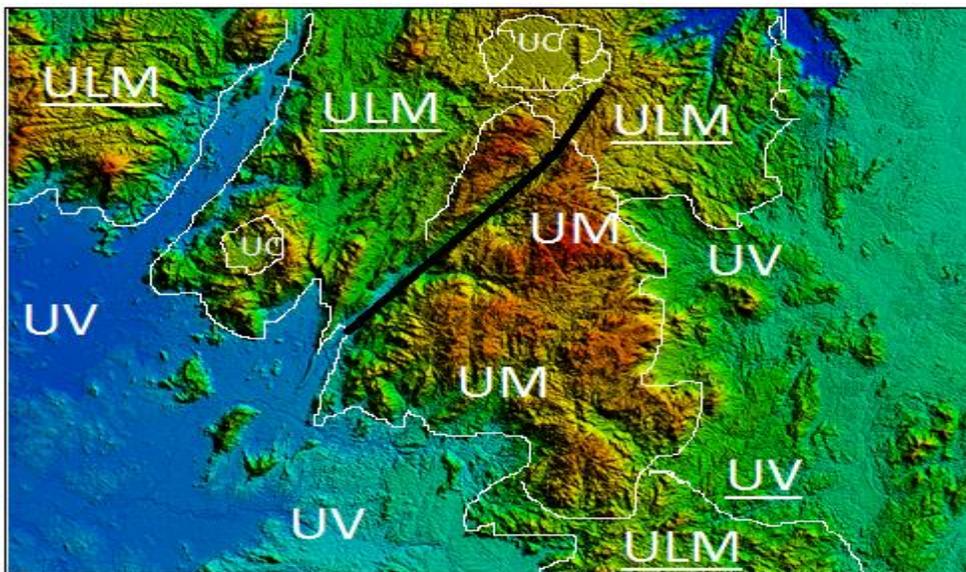


Figura 5.1 Interpretación de las topofomas presentes en el área de estudio.

Según los criterios antes mencionados, se ha dividido la zona de estudio en cuatro (2) unidades de paisajes: Estas son la unidad de paisaje de montaña, donde se diferenciaron la unidad Montaña alta, la unidad de lomeríos medios y la unidad de cuerpos circulares tipo Cerro Impacto. El Paisaje de valles está constituido por llanuras aluviales.

#### **5.1.1.1 Unidad de Montañas altas (UM)**

Abarca el 20 % de la zona de estudio, se ubican en la parte central del área, caracterizada por montañas con bastante desnivel topográfico y drenaje corto muy denso.

La Unidad de Montañas, se caracteriza por ser el relieve irregular, cuyas alturas varían entre los 800 y 2200 m.s.n.m. Presenta desniveles por sus pendientes abruptas y por su extensión. Esta unidad corresponde a elevaciones asimétricas del terreno que presentan topes puntiagudos, poseen una dirección preferencial de orientación ya que forman parte de un macizo fuertemente tectonizado. Se puede observar que a pesar de presentar topes puntiagudos, estos topes poseen irregularidades de hasta 50 m de altura; las laderas presentan pendientes de entre 28° y 70°.

#### **5.1.1.2 Unidad de lomeríos medios (ULM)**

La unidad de lomeríos medios está representada por montañas de lados alargados, producto del tectonismo. Comprende territorialmente el 35 %, se ubica en

los flancos de la unidad de montaña. Topográficamente se aprecian cotas que oscilan entre 800 y 200 m.s.n.m. y pendientes inclinadas, fuertemente escarpadas, que varían entre 40 % y 60 %.

#### **5.1.1.3 Unidad de cuerpos circulares tipo Cerro Impacto (UC)**

Abarcan el 5% del área. En la zona se identificaron 2 cuerpos anulares. El primero es conocido como Cerro Impacto, ubicado al norte y el segundo es más pequeño y se ubica al suroeste del primero. La importancia de estos cuerpos es que el cerro impacto es conocido por sus yacimientos de vetas de pegmatitas con contenidos de Tantalio y tierras raras asociadas Carbonatitas.

#### **5.1.1.3 Unidad de Paisaje de Valles (UV)**

La Unidad está conformada por 2 llanuras aluviales, ubicados al este y oeste. Esta unidad abarca el 40 % de la zona. Se caracteriza por llanuras aluviales con buenas redes de drenajes.

Esta unidad es muy regular y homogénea, contrastando claramente con las otras unidades. En esta unidad se hallan las menores altitudes oscilando entre la base topográfica y 200 msnm. En esta llanura aluvial se depositan sedimentos residuales y aluviones provenientes de la meteorización de las rocas graníticas así como también el desmembramiento de los lomeríos, por efecto de la erosión y la gravedad.

### 5.1.2 Perfiles geomorfológicos

Para determinar la distribución de las topoformas en el área de estudio, se hicieron 2 perfiles sobre un mapa base geológica (Figura 5.2).

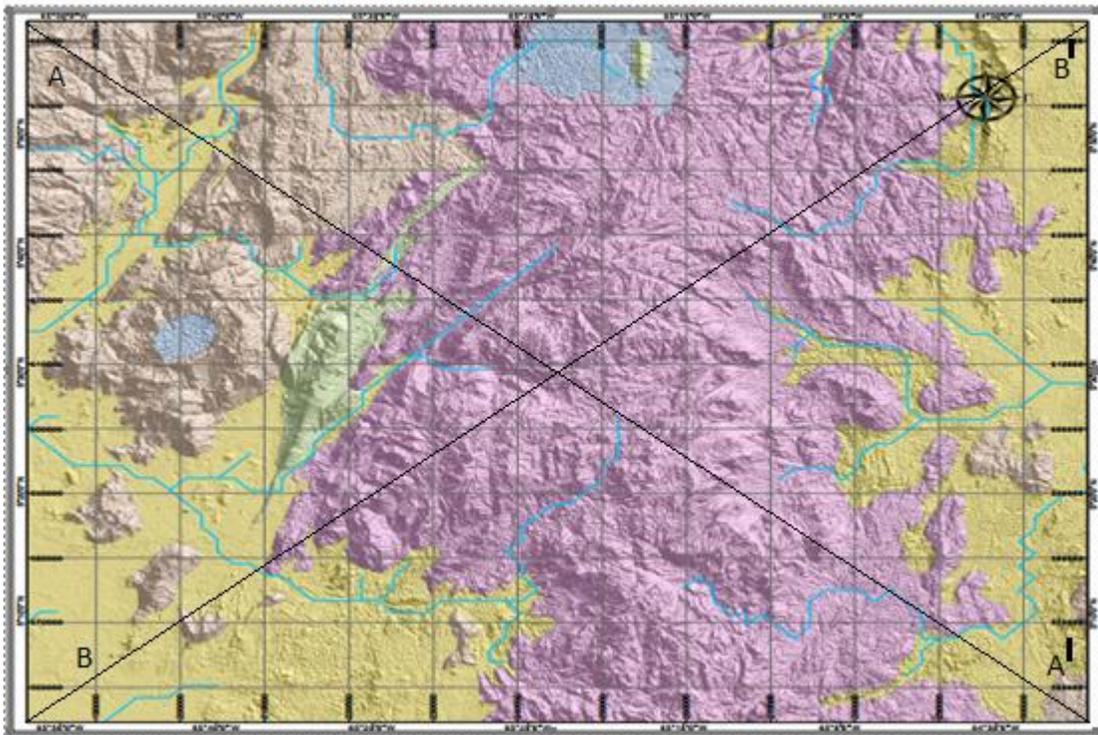


Figura 5.2 Perfiles trazados a partir de la imagen Google Earth

#### 5.1.2.1 Perfil A-A'

El perfil A-A' se inicia al noroeste del Rio Cuchivero a una altura de 1400 msnm, baja al valle del rio y a partir de ahí se va incrementando la altitud por un espacio de 11 km aproximadamente y con ella la pendiente, formando paredes casi

verticales, los topos del afloramiento principal se presentan muy bisectados por efectos tectónicos. La máxima altura del perfil es 2400 msnm y a partir de ese punto van decreciendo las cotas hasta alcanzar el valle formado por el Río Nichare (Figura 5.3).

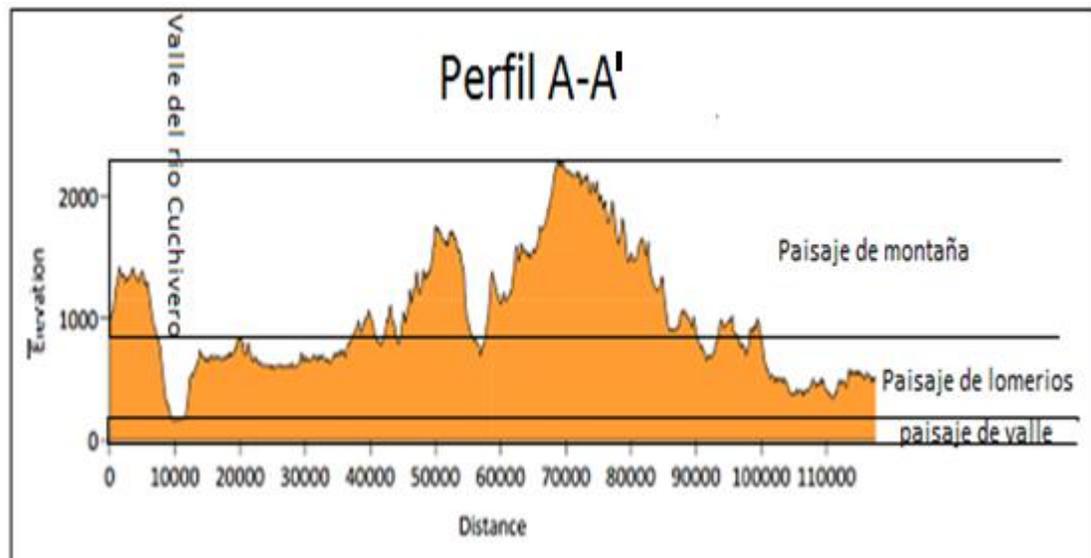


Figura 5.3 Perfil A-A' donde se marcaron las unidades de relieve de la zona.

### 5.1.2.2 Perfil B-B'

El perfil B-B también se inicia en el valle del Río Cuchivero a una cota de y va aumentando progresivamente su altura y pendiente. Esta sección muestra el desmantelamiento de la textura granítica por efecto tectónico y la posterior erosión y movimiento de materiales por la acción de la gravedad y el drenaje (Figura 5.4).

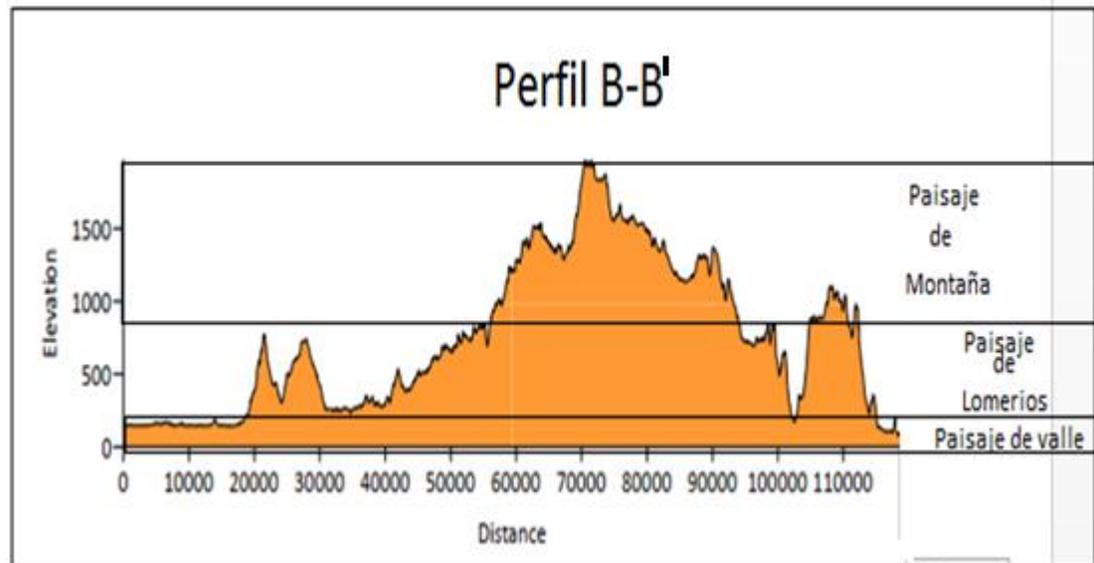


Figura 5.4 Perfil B-B' donde se marcaron las unidades de relieve de la zona.

### 5.1.3 Patrón de drenaje

Al definir las unidades topográficas y las redes hidrográficas podemos relacionar éstas para revelar las estructuras geológicas que dieron origen a la actual configuración del relieve en la región (Figura 5.5).

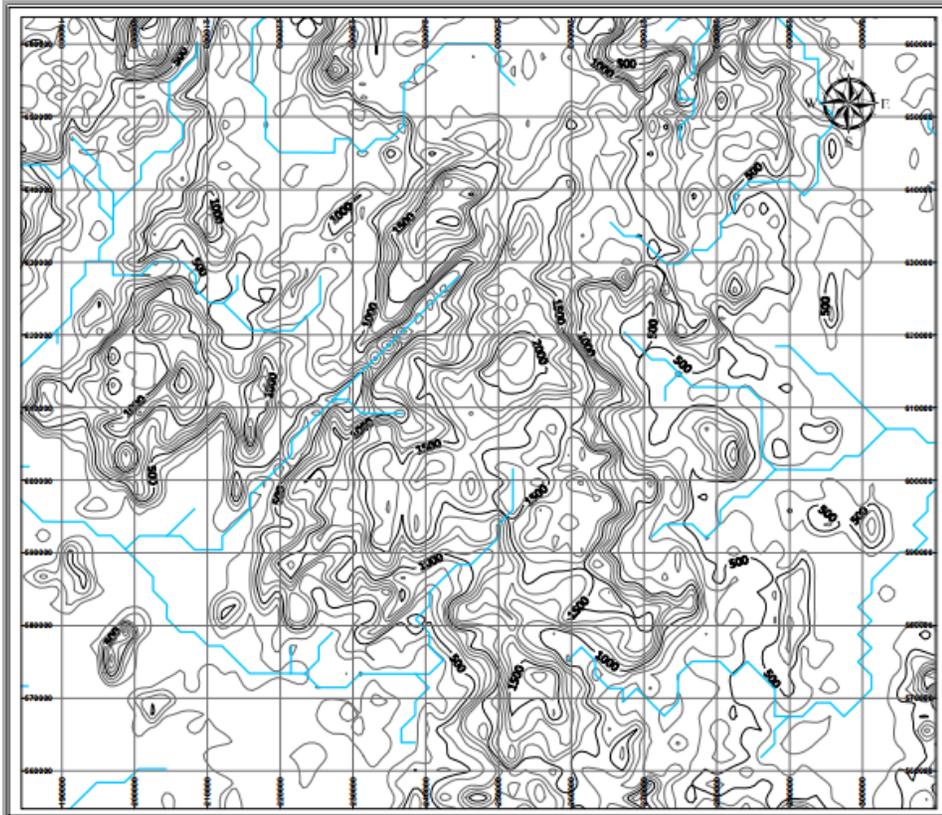


Figura 5.5 Relación entre la topografía y el drenaje de la zona.

Inicialmente, el patrón de drenaje debió ser dendrítico, pero debido a la naturaleza tectónica de la zona, el relieve se encauso siguiendo planos de fracturas.

Por esta razón en la Figura 5.5, se observan 2 direcciones de drenaje bien definidas y controladas tectónicamente. La primera y más antigua es en dirección NE. Estos drenajes son largos y de segundo y tercer orden. La segunda es en dirección NNW, la cual, corta a la dirección anterior. Este forma drenajes cortos, bien definidos.

## 5.2 Modelo digital de elevación tridimensional (3D) del relieve del área

En el modelo digital de elevación, se observan cotas entre 200 msnm y 2400 msnm, siendo las mayores cotas en la parte central, a su vez marcan la divisoria de agua distribuyendo el drenaje hacia el este y hacia el oeste (Figura 5.6).

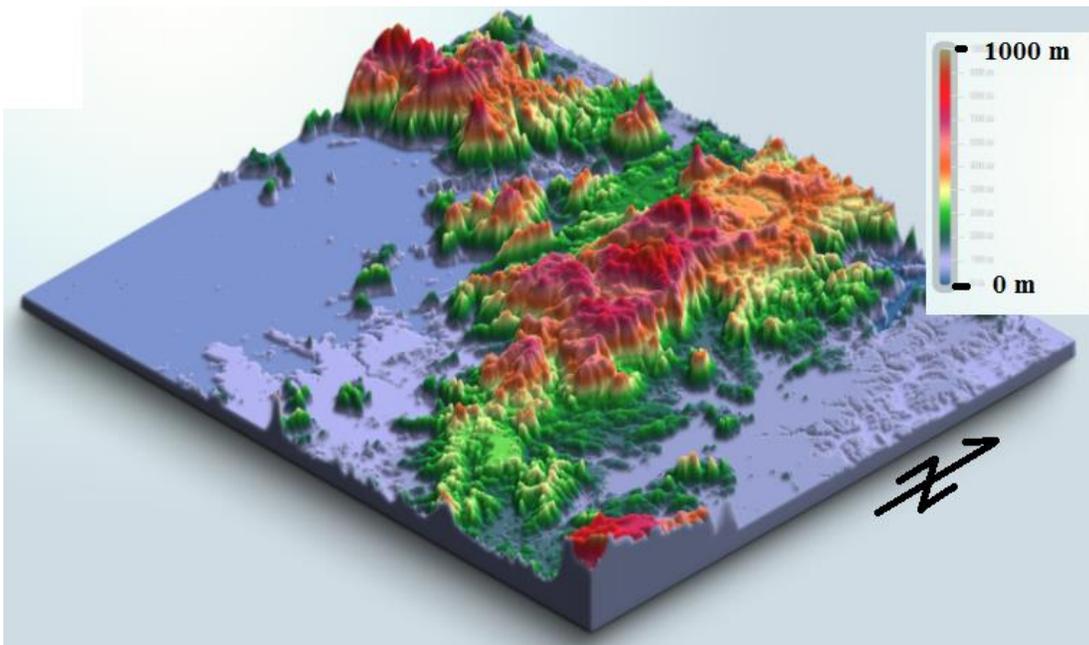


Figura 5.6 Imagen 3D de la zona de estudio. Nótese la diferencia topográfica entre valles y montañas.

De igual forma, la zona central presenta una elevada pendiente de  $70^\circ$  de inclinación y grandes escarpes. Los flancos de la zona de estudio, conformada por valles contrasta sensiblemente con la parte central, donde las pendientes oscilan entre  $0^\circ$  y  $70^\circ$ .

### 5.3 Unidades geológicas del área comprendida entre los ríos Nichare y Cuchivero

Basado en las interpretaciones satelitales, el área estudiada está ubicada en la Provincia Geológica de Cuchivero, que se caracteriza por la presencia de rocas volcánicas ácidas ignimbríticas, intrusionadas por batolitos graníticos. También se pudieron identificar cinco (5) litologías bien diferenciadas de acuerdo a los patrones de textura, relieve y drenaje de cada unidad, Estos son, en orden cronológico: las rocas volcánicas de la Formación Caicara, el granito de Santa Rosalía, los cuerpos circulares tipo Cerro Impacto, unidad de intrusivo tabular y los aluviones (Figura 5.7).

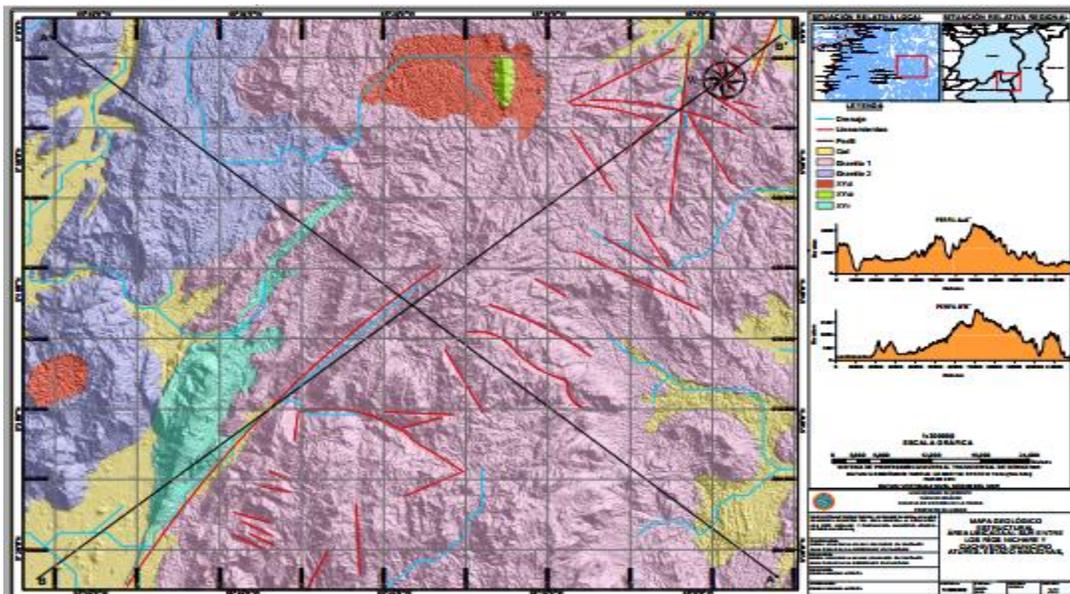


Figura 5.7 Mapa geológico estructural de la zona comprendida entre los ríos Nichare y Cuchivero, deducido a partir de imagen satelital Google Earth.

### **5.3.1.1 Unidad de rocas volcánicas de la Formación Caicara (FC)**

Están ubicadas en la parte Oeste de la zona de estudio, cubre el 30 % del área. En la imagen satelital se reconoce por presentar relieve positivo bajo, tonos azules claros, textura rugosa, drenaje rectangular enrejado, de corta longitud, fracturamiento moderado. El contacto geológico entre la FC y los granitos de Santa Rosalía y es de falla.

### **5.3.1.2 Unidad de rocas graníticas de Santa Rosalía (GSR)**

Se ubica en el centro y hacia el este del área, cubriendo el 55 %. En la revisión visual de la imagen se observó un drenaje dendrítico intermedio, controlado tectónicamente, relieve positivo alto, tonos violeta claro, fracturas largas.

### **5.3.1.3 Unidad de rocas intrusivas máficas (IM)**

En la zona de estudio se interpretó un cuerpo con estas características. Se ubicó hacia el Suroeste, representan el 5 % de la zona de estudio. En la imagen se observan en forma de pequeños cuerpos tabulares, alargados, de relieves positivos bajos, textura lisa, dispuestos en dirección NE. La disposición de estos cuerpos indica claramente que estos intrusionaron en forma de sills, a través de planos de fracturas.

#### **5.3.1.4 Unidad de aluviones (Q)**

Representa el 10 % del área, se ubican hacia la parte Noroeste y Suroeste desarrollados por los ríos Cuchivero y Nichare, los cuales drenan a través de cauces tectónicos. Se reconoce en la imagen satelital por su relieve negativo, tonalidades de marrón grisáceo claro, textura lisa. Generalmente están constituidos por arenas, guijarros angulosos, fragmentos de rocas y gravas de diferentes espesores y grados granulométricos.

#### **5.3.1.5 Cuerpos circulares tipo Cerro Impacto**

Son estructuras de forma redondeada interpretada a partir del Cerro Impacto. En la zona de estudio se visualizó uno y se interpretó el otro, el cual es menor que el Cerro Impacto y se ubica al Suroeste del mismo. Ambos cuerpos están emplazados dentro de un corredor tectónico o intersección de 2 Megafracturas que controlan el emplazamiento de carbonatitas.

#### **5.3.2 Relaciones estratigráficas**

Para determinar la relación estratigráfica entre unidades litológicas, se tomaron las toposformas de los perfiles geomorfológicos y se rellenaron con las unidades litológicas usando la aplicación PAINT.

### 5.3.2.1 Perfil estratigráfico A-A'

El perfil A-Á está orientado en dirección NW-SE. Se interpreta que el contacto entre la Formación Caicara y el Granito de Santa Rosalía es de falla de alto grado y que además en ese contacto de falla se crea una zona de debilidad a través de la cual intrusión un cuerpo tubular máfico (Figura 5.8).

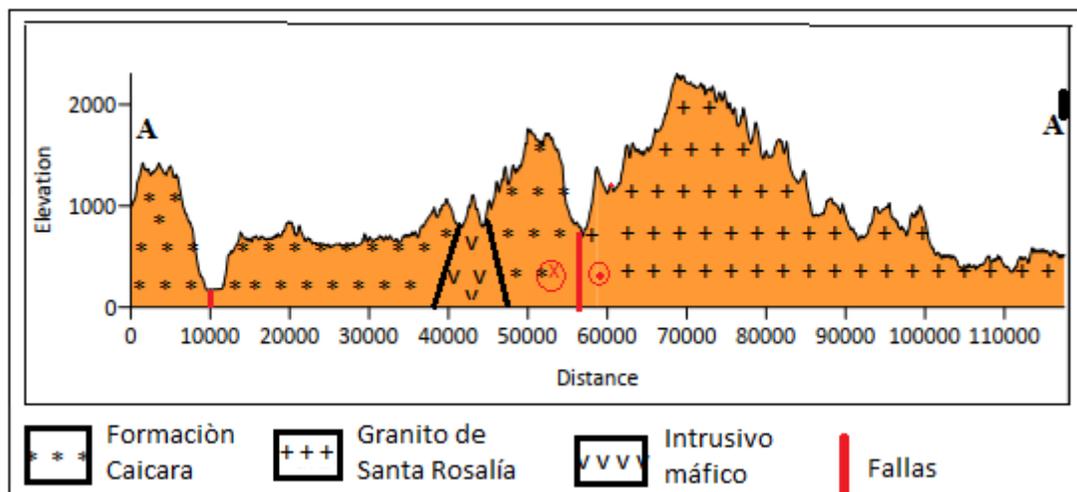


Figura 5.8 Perfil estratigráfico A-Á' indicando la relación entre las litologías presentes en la zona de estudio.

### 5.3.2.2 Perfil estratigráfico B-B'

El perfil B-B está orientado NE-SW. Se observa hacia el SW una zona aluvional causada por el Rio Cuchivero. De igual forma se interpretó que el contacto geológico entre la Formación Caicara y el Granito de Santa Rosalía es de falla.

Dentro del mismo Granito de Santa Rosalía, también se observó una falla dextral, la cual corta y desplaza una sección del granito (Figura 5.9).

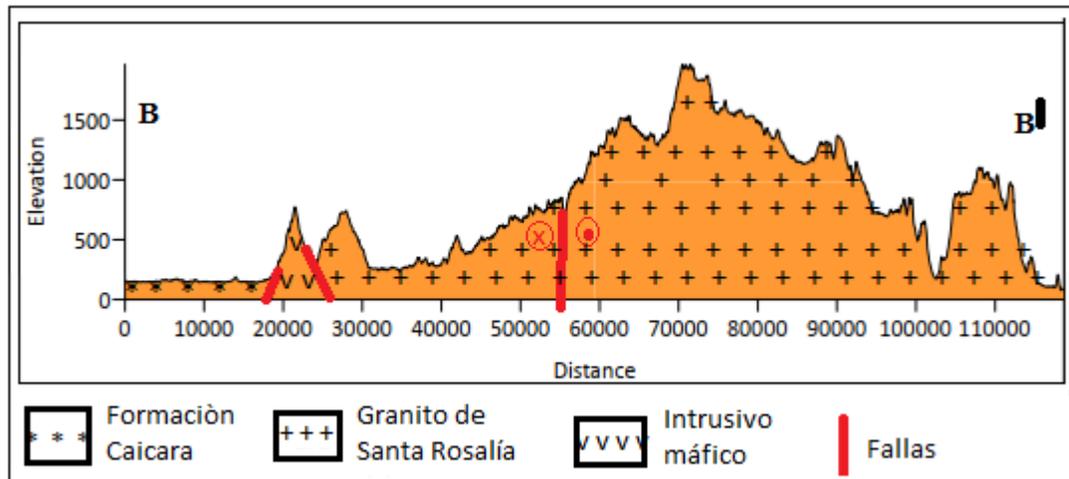


Figura 5.9 Perfil estratigráfico B-B' indicando la relación entre las litologías presentes.

#### 5.4 Análisis de las características estructurales del área en estudio y su influencia en el modelado del paisaje

La masa granítica principal que conforma el área de estudio es parte de un gran megabloque dividido en 2 partes. La parte norte y éste que corresponde a la parte sur

Hacia el centro de la imagen se visualiza aparentemente una estructura ovalada, cortada en su extremo oeste por una falla transcurrente horaria (Figura 5.10).

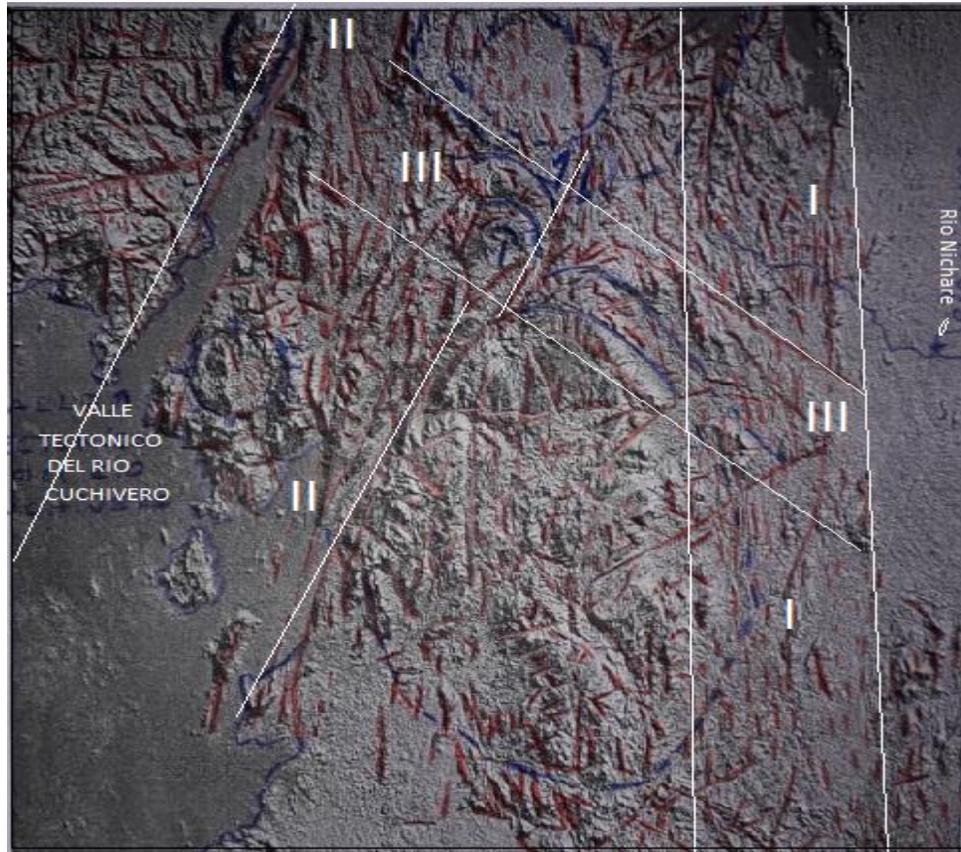


Figura 5.10 Interpretación de los lineamientos principales interpretados a partir de la imagen de satélite.

Estructuralmente, el área se caracteriza por la presencia de un número muy grande de sistemas de fallas y fracturas con varias orientaciones, las más notables son NF, NW, NE

### 5.1.2 Tendencia NF (I)

En la revisión visual de la imagen se observaron Fracturas cortas y densas, drenajes cortos controlados tectónicamente. Esta orientación es la más fuerte y bien

marcada hacia el Este, en las rocas graníticas e incipiente hacia el Oeste en las rocas volcánicas,

Las rocas graníticas en esta zona exhiben una foliación intensa y texturas asociadas con las zonas de fractura en esta dirección.

### **5.1.2 Tendencia NE (II)**

La interpretación indicó fracturas largas en esta dirección, que generan valles y control tectónico del río Cuchivero. También se interpretó un cuerpo intrusivo que está relacionados con el contacto geológico de las rocas volcánicas de la Formación Caicara y el granito de Santa Rosalía.

Este cuerpo se presenta en forma alargada emplazado en las zonas de fracturas, con pocos espesores.

### **5.1.2 Tendencia NW (III)**

Se interpretaron como fracturas intermedias. Drenajes cortos. En esta zona las rocas volcánicas muestran foliación fuerte; siguiendo esta tendencia así como intrusiones de diques y sills de gabro. También se forman escarpes de falla en las faldas de los valles reflejan movimientos recientes.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Mediante la interpretación de las imágenes se identificaron 4 unidades geomorfológicas. Las mayores cotas corresponden a la unidad de Montaña, las cuales oscilan entre 800 m.s.n.m y 2200 m.s.n.m, con pendientes entre 28° y 70°. La unidad de lomeríos bajos comprende cotas entre 800 m.s.n.m y 200 m.s.n.m, con topografía muy quebrada por tectonismo y pendientes entre 40° y 60°. La unidad de valles comprende alturas por debajo de 200 m.s.n.m y está conformada por los cauces de los ríos Cuchivero y Nichare. La unidad de cuerpos circulares es la que amerita más estudios a detalle por las concentraciones de minerales que pueden albergar.
2. De acuerdo con la revisión visual del mapa topográfico se observó un fuerte control tectónico del drenaje, el cual modificó el drenaje dendrítico original, a tal extremo que donde el drenaje es denso y corto, de primer grado, se observó un fuerte fracturamiento. También se interpretó que un tramo del río Cuchivero drena a través de un corredor tectónico.
3. La interpretación del modelo de elevación tridimensional mostró un sistema de montaña que actuó como divisoria de agua, para el relleno de los dos valles aluviales conformados por los ríos Cuchivero y Nichare.
4. Mediante la interpretación de los patrones, se diferenciaron 5 tipos de rocas, los cuales, en orden estratigráfico son: Rocas volcánicas de la Formación Caicara en la base de la secuencia, las rocas graníticas de Santa Rosalía, Las rocas

intrusivas máficas conformadas por cuerpos alargados de diques de gabros y/o diabasas, le siguen en la secuencia dos cuerpos anulares tipo Cerro Impacto y culmina la secuencia los aluviones y coluviones transportados por los ríos Cuchivero y Nichare.

5. Mediante la interpretación de la imagen satelital, se determinó que existen tres (3) eventos de deformación en dirección NF, NE y NW; los 2 últimos dextral transcurrentes, mencionadas en orden cronológico. La intersección de estos eventos producen zonas de debilidad por donde posteriormente intrusieron en forma circular rocas de composición carbonáticas, ricas en tierras raras, casiteritas, etc.

## **Recomendaciones**

1. Aplicar esta investigación a otras áreas, donde el acceso sea limitado. Este método cubre grandes áreas a bajo costo y jerarquiza las zonas de interés.
2. Verificar en campo la presente interpretación, ampliando el presente trabajo, con muestreo geoquímico sistemático para elementos trazas y Tierras Raras. De resultar positivo el muestreo, determinar zonas anómalas. Seguidamente fomentar una campaña de perforaciones con recuperación de núcleos.
3. Prospeccionar las llanuras aluviales de los ríos Cuchivero y Nichare con batea, para los minerales y elementos: Tantalio-Niobio-Columbita-Casiterita y depósitos de Tierras raras. Actualmente existe poca información sobre la

caracterización mineralógica y geoquímica y reservas de estos minerales estratégicos.

4. Combinar esta técnica con los métodos geofísicos aeromagnéticos y aeroradimétricos, para determinar altas susceptibilidad magnéticas, lo que indica cuerpos máficos enterrados.

## REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, 5ta. Edición, Editorial Episteme. pp 2-60.

Corporación Venezolana de Guayana– Técnica Minera (C.V.G. TECMIN). (1994) **INFORME DE AVANCE NC-20-14**. Tomo I, II y III.

Corporación Venezolana de Guayana– Técnica Minera (C.V.G. TECMIN). (1994) **INFORME GEOLÓGICO DE AVANCE**: Hoja NB 19-4 y NB 19-8. Circulación interna.

Corrales, I.; Rosell, J.; Sánchez de la Torre, L.; Vera, J.; Vilas, L. (1977) **ESTRATIGRAFÍA**. Editorial Rueda, Madrid, pp 272.

Environmental Systems, R.I. (Esri). (2010) **MAPA BASE**. 10 Julio de 2016, [<http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000017000000.htm#GUID-523DAA48-0AF0-4C84-92C0-1C0B601D026C>].

Lillesand, T. y Kiefer, R. (1994) **REMOTE SENSING AND IMAGE INTERPRETATION**. 3r Edición. pp 288

Mendoza, V. (1973) **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA (RESUMEN)**. II Congreso Latinoamericano de Geología, MEM. Caracas. pp 75.

Mendoza, V. (1977) **EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA**. II Congreso Latino-Americano de Geología. PTB. Esp. N° 7, Tomo III, Caracas - Venezuela. pp 2237-2270.

Mendoza, V. (2000) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y DE LOS RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA** (Y su relación con el Escudo Suramericano). HECLA. Venezuela

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS GRANITICAS DE LA GUAYANA VENEZOLANA**. I congreso geológico interguayanas. Belen, Brasil. pp 558-575

Mendoza, V. (2012) **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA, RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA Y REVISIÓN DEL PRECÁMBRICO MUNDIAL**. Gran Colombia Gold Corp. Bogotá. Colombia.

Smirnov, V. (1976) **GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS**. MIRPublishers Moscu, Rusia, pp520.

Quinto, D. y Torres, D. (2016) **REINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES DE LOS CUERPOS KIMBERLITICOS DEL SECTOR SAN ANTONIO Y LAS ALICIAS. UBICADO EN EL ÁREA MINERA DE GUANIAMO, MUNICIPIO CEDENO DEL ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado no publicado, pp 33-44, 59-70, 97-100.

## **ANEXOS**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA, USANDO SENSORES REMOTOS DEL ÁREA UBICADA AL SUR DEL MUNICIPIO AUTÓNOMO MANAPIARE. ENTRE LOS RIOS NICHARE Y CUCHIVERO. ESTADO AMAZONAS</b>
---------------	---

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CVLAC / E MAIL</b>
Raineth Gabriela Barreto Aguilera	<b>CVLAC: V- 25.849.876</b> <b>E MAIL: rainethgaby@gmail.com</b>
Yndira Venezuela Mejías Belisario	<b>CVLAC:V- 20.078.575</b> <b>E MAIL:yndiramejiasv14@gmail.com</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Tecnología satelital

Características morfoestructurales

Estructuras circulares

Paisajes

Relieves

Parámetros a interpretar

Geomorfología

Geología

Imágenes satelitales

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>ÁREA y/o DEPARTAMENTO</b>	<b>SUBÁREA y/o SERVICIO</b>
Departamento de Geología	Geología

**RESUMEN (ABSTRACT):**

Se realizó un estudio interpretativo, usando tecnología satelital en la zona ubica entre los ríos Cuchivero y Nichare, ubicado al sur de la población de Caicara, en los límites con el estado Amazonas, Municipio Autónomo Manapiare. Para tal fin, se revisaron las imágenes satelitales NB-20-5 a escala 1:250000, el modelo de elevación digital de la página oficial del United State Geological Survey, (Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS) específicamente las imágenes de radar de la misión The Shuttle Radar Topography Misión. (STRM) y la aplicación Qgis. La metodología de la investigación se sintetizó en cuatro (4) etapas. La primera tiene que ver con todo lo relacionado con la recopilación de información bibliográfica y cartográfica. En la segunda etapa se revisó visualmente las imágenes y se identificaron elementos tales como textura, relieve, brillo, tono, drenaje y fracturamiento. Estos elementos fueron usados para determinar cada una de parámetros a interpretar. El resultado de esta segunda etapa fueron los mapas borradores de: mapa topográfico, derivado de la aplicación Qgis, unidades geológicas, características tectónicas, lineamientos y las características morfoestructurales deducidas a partir del modelo de elevación . En la tercera etapa se procesó la información para la elaboración de los mapas temáticos geológico-estructural, geomorfológico y el modelado en 3D. También se usó la interpretación de lineamientos para poder establecer las tendencias de deformación. Desde el punto de vista geológico, el área se encuentra enmarcada dentro de las rocas ígneas del denominado grupo Cuchivero, el cual incluye rocas volcánicas riolíticas y asociaciones comagmáticas con granitos calcoalcalinos de Proterozoico, específicamente dentro de las secuencias de la Formación Caicara. En el esquema geo-estructural, se identificaron claramente un conjunto de estructuras que en la mayoría de los casos presenta una dirección NW y algunas estructuras circulares muy interesantes las que tienen una relación estrecha con grandes intrusivos de rocas básicas y posiblemente con las Carbonatitas. También, de acuerdo a la interpretación geomorfológica, se observaron dos grandes depresiones tectónicas entre los ríos Nichare y Cuchivero, con rumbos similares; además, existen otros remanentes de depresiones en la parte Sur, con direcciones paralelas y otras casi perpendiculares. Estos argumentos permitieron diferenciar 2 tipos de paisajes: El paisaje de montaña, constituido por Lomeríos bajas, montañas altas y cuerpos circulares y el paisaje de valles representado por llanuras aluviales.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Enrique Acosta	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>ASx</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>	5.082,874			
	<b>E_MAIL</b>	Acosta.enrique176Qgmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
Wilmer Zerpa	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JUx</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>	zerpawilmer539@gmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
Carlos Boscarello	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>	cboscarello@gmail.com			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>
<b>2023</b>	<b>07</b>	<b>03</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
<b>Tesis .....doc</b>	<b>. MS.word</b>

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** DPTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR

**TEMPORAL:** DE 1 A 6 AÑOS

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**  
GEOLOGO.

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**  
Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**  
GEOLOGÍA

**INSTITUCIÓN:**  
Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

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	05/8/09
HORA	5:30

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUMBELE**  
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 Telet Informática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/ YGC/ maruja

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

**De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)**

**“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “**

**AUTOR**

**Raineth Barreto Aguilera  
C.I 25.849.876**

**AUTOR**

**Yndira Mejias Belisario  
C.I 20.078.575**

**TUTOR**

**Enrique Luis Acosta**

**C.I: 5.082.874**

**JURADO**

**Zerpa Wilmer**

**JURADO**

**Boscarello Carlos**

**POR LA COMISIÓN DE TESIS**