

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



**INTERPRETACIÓN GEOLOGICA Y ESTRUCTURAL,  
USANDO IMÁGENES SATELITALES, DE LA MINA ALTO  
SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN  
GUASIPATI, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO POR  
LAS BACHILLERES  
GONZALEZ BASANTA  
MARILIS Y LIZARDI  
ORNOZ KARLA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO GEÓLOGO.**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2018**

**NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**



**ACTA DE APROBACIÓN**

Este trabajo de grado, intitulado: **“INTERPRETACIÓN GEOLOGICA Y ESTRUCTURAL, USANDO IMÁGENES SATELITALES, DE LA MINA ALTO SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN GUASIPATI. ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por las bachilleres **González Basanta Marilis**, titular de la cédula de identidad N° V- 24.038.687, y **Lizardi Oronoz Karla**, titular de la cédula de identidad N° V- : 25.577.901, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Geólogo, ha sido APROBADO por el jurado integrado por los profesores, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre	Firma
Profesor Enrique Acosta	
_____ (Asesor)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof. Javier Ramos Madrid Jefe del Departamento de Ing. Geología	_____ Prof. Francisco Monteverde Director De Escuela

En Ciudad Bolívar a los 31 del mes de Julio de 2018.

## DEDICATORIA

Primeramente a Dios todo Poderoso por estar conmigo en todo momento y brindarme la sabiduría para culminar mi carrera.

A mis Padres Luis González y María Basanta por su apoyo incondicional, cariño y comprensión. Gracias por sus consejos los cuales me sirvieron de mucho para ser una mejor persona y graduarme. A mis abuelos Carmen y José Luis y toda mi familia. “Espero que sea de mucho orgullo y satisfacción para ustedes”.

A mi hermana Luismar González por su cariño y amor hoy le dedico este triunfo.

A mi segundos padres Leonora Oronoz y Carlos Lizardi por su apoyo día a día y brindarme su amor y cariño.

A mi mejor amiga Karla Lizardi y compañera de Tesis, porque hemos vivido toda esta experiencia juntas, una meta cumplida de muchas que nos faltan por cumplir.

A mis amigas Angybell Lara y Claudimar Gamero por estar siempre allí y por esos bellos momentos compartidos, son las mejores.

A mi novio Carlos por estar allí y brindarme su comprensión y paciencia en este logro.

Y finalmente no por ser menos importante a mis amigos que en todo momento he contado con cada uno de ellos: Marcos, Santiago, Palermo, Abner, Carlos, Cristian, Marianne, Marelis, David

A todos les dedico mi éxito, porque ustedes forman parte de él.

***Marilis Del V. González B.***

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por darme la sabiduría, entendimiento y inteligencia para culminar mi carrera; que a pesar de todas las dificultades el me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis padres Leonora Oronoz y Carlos Lizardi por ser el mejor ejemplo a seguir, por apoyarme en todo momento, por hacer todo lo que estaba a su alcance por ayudarme a ser lo que soy hoy en día. Este triunfo es para ustedes, los amo.

A mis hermanos Nieves, Dexis y Javier por contribuir en mi crecimiento y contar en todo momento con su apoyo. A mi Abuela Nieves y a mi Abuela Sara que desde el cielo se que está orgullosa de mi porque siempre estuvo al pendiente de mis estudios.

A mi mejor amiga Marilis Gonzalez y compañera de tesis, por ser más que una amiga es una hermana que me regalo la vida, por compartir esta experiencia juntas de muchas que nos faltan por cumplir y estar desde el primer día luchando por este logro de ser Ingenieras y a sus padres Luis y María que los considero mis segundos padres por su apoyo incondicional para con nosotras.

A mis amigas Angybell (Prima-Amiga) y Claudimar por estar siempre allí y por esos bellos momentos compartidos.

Y finalmente y no menos importantes a todos mis familiares que tuvieron pendientes de mis estudios y me ayudaron de alguna manera a culminar mi carrera. A mis amigos que he contado con ellos en todo momento: Marcos, Cristian, Santiago, Abner, Carlos, Palermo, Marelis, Marianne, David.

***Karla J. Lizardi O.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios todo poderoso por guiarme siempre por el camino correcto.

A mis padres que les debo todo lo que soy, por siempre tener consejos sabios y ser mi inspiración. Los Amo

A mi tutor Enrique Acosta por su orientación, ayuda, conocimiento, tiempo dedicado y por comprender en todo momento. Gracias

A la Universidad de Oriente constituido por todo su personal, por haberme proporcionado los conocimientos y formación requerida para desempeñarme como profesional.

A mi Amiga Karla Lizardi por haberme acompañado durante toda la carrera, por su paciencia y confianza en esta meta que es un logro para las dos.

A todos mis Amigos y próximos colegas.

A todas aquellas personas que no pude mencionar y que han contribuido conmigo en este proyecto, les agradezco sus favores y buenas energías.

***Marilis Del V. Gonzalez B.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Le doy gracias a mis padres Carlos y Leonora por brindarme su apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

A Marilis Gonzalez, por haber caminado conmigo a lograr esta meta y apoyarnos en las buenas y en las malas, por su paciencia y amor incondicional.

A mi tutor de tesis Enrique Acosta, por la orientación y ayuda que nos brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más de lo estudiado en el proyecto.

Quiero agradecer a la Universidad de Oriente, por haber permitido formarme en ella y por los conocimientos que me proporciono para mi formación como profesional.

A mis amigos por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Y a todos aquellas personas que han contribuido a mi formación de una manera u otra para hacer posible lo que soy hoy en día.

¡GRACIAS!

*Karla J. Lizardi O.*

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se realizó la interpretación geológica y estructural de una zona ubicada al Oeste de la población de Guasipati, estado Bolívar, a través del procesamiento de las imágenes satelitales, la revisión de los mapas geológicos, topográficos y la bibliografía de los trabajos previos. Una vez recopilada y revisada toda la información bibliográfica se procedió a correlacionar estos datos con los resultados obtenidos mediante el procesamiento de las imágenes satelitales y comparar los contactos litológicos, lineamientos estructurales y la morfología del relieve observado, para generar la cartografía geológica.

El procesamiento de las imágenes satelitales tiene como propósito de obtener los mapas, se lleva a cabo mediante la utilización de herramientas tecnológicas como Global Mapper 17.0 y ArcGIS 10.5. Se realizó un análisis de la imagen obtenida para resaltar rasgos fisiográficos, permitiendo interpretar parámetros geológicos y tectónicos en el área de estudio.

El resultado que se obtuvo fue la elaboración de un mapa de drenaje, un mapa de lineamientos y litologías y el mapa geológico-estructural a escala 1:50.000 del área, los cuales presentan un mayor nivel de detalle, con respecto a los mapas de referencia, los contactos litológicos, las estructuras geológicas, morfología del relieve y características de suelo y vegetación, ya que los mapas de referencia están a una menor escala que el producto de esta investigación. La metodología se dividió en tres (3) etapas. La primera etapa es de oficina, en la cual se recolectó la información cartográfica y bibliográfica del área. La segunda etapa fue la interpretación de las imágenes satelitales. La tercera etapa es de discusión de resultados, siendo esta última distribuida entre la elaboración de los diversos mapas y las conclusiones, recomendaciones y redacción del informe final.

# CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>CONTENIDO</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	3
1.1 Situación objeto de estudio.....	3
1.2 Objetivo de la investigación .....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.1 Objetivo 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> .....	7
<b>GENERALIDADES</b> .....	7
2.1 Ubicación geográfica.....	7
2.2 Accesibilidad .....	8
2.3 Características físicas y naturales del área de estudio.....	8
2.4 Hidrografía .....	9
2.5 Vegetación.....	10
2.6 Suelos .....	11

2.7 Geomorfología.....	11
2.8 Geología regional .....	13
2.8.1 Provincia Geológica de Pastora (PP).....	13
2.8.2 Estratigrafía regional.....	16
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
3.1 Antecedentes de la investigación.....	18
3.2 Fundamentos teóricos.....	20
3.2.1 Teledetección y los sensores remotos.....	20
3.2.2 Sistema de teledetección espacial.....	20
3.3 Elementos a identificar de las imágenes.....	22
3.3.1 Forma.....	22
3.3.2 Tamaño o dimensión.....	22
3.3.3 Tono y color.....	23
3.3.4 Textura.....	23
3.4 Uso frecuente de la bandas del Satélite Landsat-TM.....	24
3.5 Características de la radiación electromagnética.....	24
3.6 Espectro electromagnético.....	25
3.7 Tipos de sensores remotos.....	26
3.7.1 Sensores pasivos .....	26
3.7.2 Sensores activos.....	26
3.8 Satélites actuales.....	27
3.8.1 Sistemas de información geográfica (SIG).....	27
3.8.2 Mapa geomorfológico.....	28
3.8.3 Fundamentos de ArcGIS.....	28
3.8.4 Fundamentos de Global Mapper.....	29
3.9 Bases teóricas .....	30
3.9.1 Suelo.....	30
3.9.2 Rocas.....	32
3.9.3 Fallas.....	34
3.9.4 Mapa estructural .....	35

3.9.5 Buzamiento .....	35
3.9.6 Rumbo.....	35
3.9.7 Azimut .....	35
3.9.8 Estructuras geológicas .....	36
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>37</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>37</b>
4.1 Tipo de investigación .....	37
4.1.1 Nivel de investigación documental.....	37
4.2 Diseño de investigación.....	37
4.2.1 Investigación descriptiva .....	37
4.3 Etapas de la investigación .....	38
4.3.1 Trabajo de oficina .....	39
4.3.2 Interpretación geológica y estructural basado en las imágenes satelitales .	40
4.3.3 Elaboración del mapa geológico-estructural.....	42
4.4 Etapa III: Análisis de resultados.....	43
4.5 Redacción del informe final .....	43
4.6 Población de la investigación .....	43
4.7 Muestras de la investigación .....	44
4.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
4.8.1 Técnicas de recolección de datos.....	44
4.8.2 Análisis documental.....	45
4.9 Instrumentos para recolección de datos.....	45
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>46</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
5.1 Interpretación de la zona, usando imágenes de radar a escala 1:50.000, para la delimitación del drenaje .....	46
5.2 Determinar las unidades geológicas y los lineamientos de la zona, usando las técnicas de interpretación .....	47
5.3 Descripción de la geomorfología de la zona, mediante la interpretación de imágenes satelitales y la hoja cartográfica correspondiente al sector .....	48
5.3.1 Unidad de planicie (Pl) .....	49
5.3.2 Unidad de valle (Va).....	49

5.4 Realizar el mapa geológico-estructural a escala 1:50.000 de la zona de estudio .....	50
5.4.1 Cinturones de rocas verdes (CRV) .....	50
5.4.2 Rocas graníticas .....	50
5.4.3 Aluviones recientes .....	51
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio. (Google Earth, 2018).....	7
2.2 Relieves de sabanas presentes en la zona de estudio .....	12
2.3 Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. 2012).....	14
2.4 Relaciones estratigráfico-tectónicas de las "formaciones" El Callao, Yuruari, Cicapra (inferior y superior) y Florinda, con respecto al complejo granítico TTG de Supamo y a los plutones intrusivos de Cerro Pelón y Mandingal (Mendoza. 2012)... ..	15
4.1 Flujograma de la metodología.....	38
4.2 Porción de la hoja NB-20-3, donde se muestra la zona de estudio... ..	40
4.3 Revisión y mediciones en los mapas topográficos.....	41
4.4 Fragmento de la imagen satelital de Cartosur, a escala 1:50.000, con la demarcación del área de estudio y el drenaje.....	42
5.1 Porción del Mapa de Drenaje donde se aprecia el trayecto del Rio Carichapo y quebradas afluentes .....	48
5.2 Lineamientos deducidos a partir de la hoja cartográfica 7839.....	49
5.3 Interpretación de las litologías y los lineamientos presentes al oeste de Guasipati.....	53

## LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas U.T.M. correspondiente a la zona de estudio .....	8
2.2 Parámetros climatológicos, periodo 1974-1985 (CVG Tecmin, 1989) .....	9
2.3 Supergrupo Pastora en la región de Guasipati-El Callao (Menéndez, A. 1972, en Mendoza, V. 2012).....	17
3.1 Uso frecuente de las bandas del satélite Landsat-TM (Salazar, J. 2002).....	24
3.2 Intervalos de frecuencias en las distintas regiones del espectro (Salazar, J. 2002)....	26

## **LISTA DE ANEXOS**

- 1 MAPA DE DRENAJE DE LA MINA ALTO SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN GUASIPATI, ESTADO BOLÍVAR.
- 2 MAPA DE ALINIAMIENTOS DE LA MINA ALTO SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN GUASIPATI, ESTADO BOLÍVAR.
- 3 MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DE LA MINA ALTO SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN GUASIPATI, ESTADO BOLÍVAR.

## INTRODUCCIÓN

Hacia la parte sur del Estado Bolívar, muy cerca de la falla de Gurí, se localiza la zona de Guasipati, donde se encuentran varios sectores, que desde el punto de vista geológico 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.

Los primeros estudios geológicos prospectivos sobre yacimientos auríferos se efectuaron en la región, dirigidos hacia los aluviones auríferos del río Carichapo, y después la exploración se concentró en el pueblo de El Callao.

Esta investigación tiene como fundamento la interpretación y posteriormente la elaboración de mapas geológico-estructural de la mina aurífera, ubicada en el alto Supamo, en los cuales se ilustren los rasgos geológico-estructurales, con la finalidad de construir el modelado en 3D.

El procesamiento de las imágenes satelitales con el propósito de obtener los mapas se lleva a cabo mediante la utilización de herramientas tecnológicas como Global Mapper 17.0, Surfer 11.0, y ArcGIS 10.5, se realiza un análisis de la imagen obtenida para resaltar rasgos fisiográficos, permitiendo interpretar parámetros geológicos y tectónicos en el área de estudio.

Este proyecto de investigación está organizado en cinco (5) capítulos. El capítulo I: Explica la situación a investigar, los objetivos formulados, la justificación del proyecto, su alcance y sus limitaciones. El capítulo II se describen las características físico-naturales del área en estudio. El capítulo III comprende la revisión de la literatura o análisis de los estudios previos, trabajos relacionados con el

tema planteado, capítulo IV en él se detalla la metodología de la investigación, las técnicas y los procedimientos que se utilizaron para desarrollarla. En el capítulo V se plantea el análisis e interpretación de los resultados obtenidos y la información generada a partir de la investigación realizada, y al final las conclusiones y recomendaciones que se han generado en término de los objetivos.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación objeto de estudio

El estado Bolívar cuenta con una gran cantidad de minerales metálicos. Por tal motivo el conocimiento geológico y distribución geográfica de los yacimientos es fundamental para su futura explotación.

El estudio y conocimiento de los recursos naturales, distribución, cantidad, calidad, así como la ubicación y topografía del área donde se encuentran son la base fundamental para la orientación de futuros diseño de explotación y programas de aprovechamiento racional del medio ambiente, así como determinar su relación con las estructuras geológicas.

El Callao es conocido por su actividad minera desde su inicio aproximadamente en el año de 1842 hasta nuestros días; sin embargo, muchos de los propietarios de las minas artesanales de la zona, desconocen en su mayoría las composiciones químicas de las rocas que se encuentran dentro de las zonas antes mencionadas, ya que buscan es el oro como principal elemento.

Debido a lo apartado y a la poca información geológica detallada que existe en el sector Alto Supamo, relacionada a la minería aluvional del elemento oro, nace este proyecto de investigación, cuya finalidad es generar un inventario de los cuerpos rocosos aflorantes, mediante la interpretación de las imágenes de la zona, a su vez identificar las estructuras, que puedan generar concentraciones del elemento Au y anomalías, que permitan ubicar nuevas ocurrencias que puedan ser explotadas

racional y económicamente, teniendo como base, los precios actuales del precioso metal.

Por tal motivo se realizará esta investigación, para identificar las rocas que se encuentran en la Mina, mediante ciertas propiedades que se reflejan en las imágenes satelitales. Con el empleo de técnicas de fotogrametría y el uso de programas especializados, se realizó un mapa geológico interpretado de la zona, el cual presenta, en las imágenes, sitios claros, donde se evidencia una explotación irracional y anárquica del recurso. El dilucidar el origen de las mineralizaciones primaria, proporcionó información que puede ser utilizada para la organización y el ordenamiento de la pequeña minería, en el sector de Alto Supamo.

## **1.2 Objetivo de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Interpretar geológica y estructuralmente, usando imágenes satelitales, de la mina Alto Supamo, localizada al oeste de la población Guasipati. Estado Bolívar.

### **1.2.1 Objetivo específicos**

En función de alcanzar el objetivo planteado, se deben cubrir los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el drenaje de la zona, mediante la interpretación de imágenes de radar, a escala 1:50.000

2. Determinar las unidades geológicas y los lineamientos de la zona, usando las características de las imágenes, tales como textura, color, brillo y fracturamiento.
3. Describir la geomorfología de la zona, mediante la interpretación de imágenes satelitales y la hoja de catastro minero correspondiente al sector.
4. Realizar y analizar el mapa geológico-estructural a escala 1:50.000 de la zona de estudio.

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

Este proyecto de investigación busca generar información geológica orientada hacia los recursos minerales de yacimiento metálico, específicamente, el elemento oro. También determinar el modelo geológico aplicable a la zona.

De igual forma, esta investigación permitió la actualización de la información geológica de la zona, con la aplicación del software especializado en teledetección, e interpretación satelital llamado Global Mapper, 17.0.

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

El alcance de la presente investigación es interpretar la zona, para identificar estructuras geológicas, que puedan albergar yacimiento de oro primario, con miras a apoyar el denominado ARCO MINERO ORINOCO, para el aprovechamiento del material aurífero, apegado a métodos y normas técnicas de vanguardia, de manera organizada y efectiva, armonizando las técnicas de extracción a cielo abierto, con la conservación del ambiente.

El mineral objeto de la exploración es el oro, y hasta donde es sabido, los mejores yacimientos se encuentran en el sector minero de El Callao, ubicado a 55 km, al este de la zona de estudio.

### **1.5 Limitaciones de la investigación**

Falta de equipos de computación y software para la elaboración de este tipo de investigación en la Universidad de Oriente, por lo que hay que pedir apoyo de otras instituciones o recursos privados, que elevan los costos de dicho trabajo.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación geográfica

El área objeto de este estudio se ubica a 25 kilómetros, al Oeste de Guasipati. Conforma una poligonal cerrada de 5.72 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 9.92 Km (Figura 2.1).

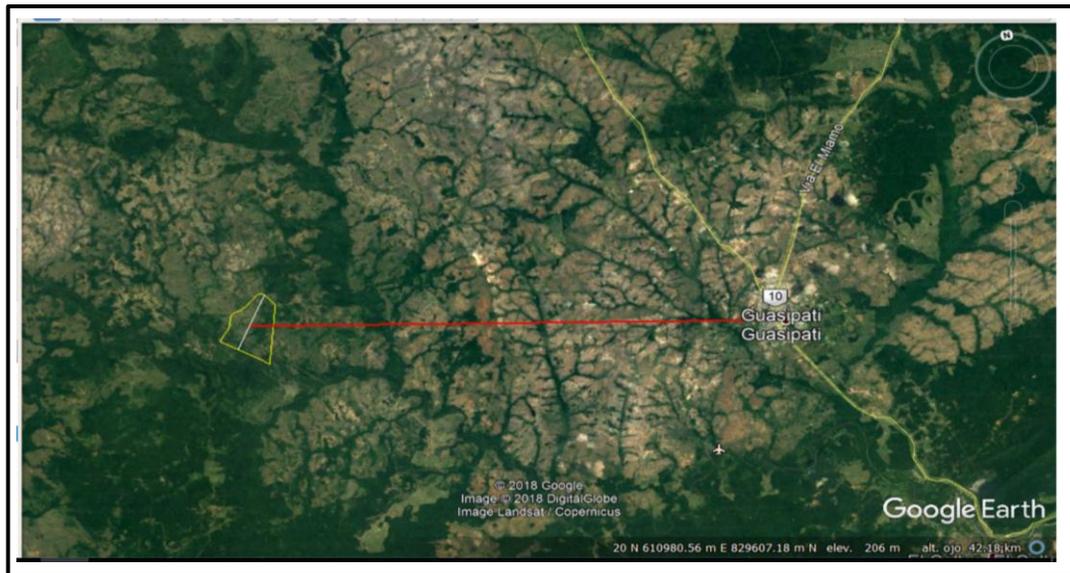


Figura 2. 1 Ubicación relativa de la zona de estudio. (Google Earth, 2018).

A continuación se presentan las coordenadas U.T.M., de la poligonal que encierra el área de estudio, conformada por 17 puntos (Tabla 2.1).

Tabla 2. 1 Coordenadas U.T.M. correspondiente a la zona de estudio.

<b>VÉRTICE</b>	<b>COORDENADAS</b>	
	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>
<b>1</b>	829585	595798
<b>2</b>	829889	596022
<b>3</b>	829991	596134
<b>4</b>	830134	596270
<b>5</b>	830248	596325
<b>6</b>	830770	596502
<b>7</b>	830862	596572
<b>8</b>	830918	596642
<b>9</b>	831042	597050
<b>10</b>	831130	597214
<b>11</b>	831505	597740
<b>12</b>	831578	597808
<b>13</b>	831690	597925
<b>14</b>	831712	598110
<b>15</b>	831644	598244
<b>16</b>	831021	598671
<b>17</b>	828025	597867

## 2.2 Accesibilidad

El acceso se logra a través de la Troncal 10, que une a Puerto Ordaz, con la Republica de Brasil. El trayecto se realiza en 2 horas, hasta la población de El Cintillo. También se puede acceder por vía aérea, partiendo desde Puerto Ordaz, en pequeñas aeronaves, hasta el aeropuerto ubicado en Guasipati.

## 2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

A partir de los estudios realizados por la Corporación Venezolana de Guayana, C.A; Técnica Minera (C.V.G. TECMIN, 1989), en el Proyecto de Inventario de Recursos Naturales de la Región de Guayana, utilizando los datos suministrados por la estación meteorológica Puente Blanco perteneciente al Ministerio del Ambiente, ubicada

según las coordenadas geográficas: Latitud Norte 7° 22' 07" y Longitud Oeste 61° 49' 41", con una altitud de 180 m.s.n.m.; entre los años 1974 – 1985.

El clima es Tropical de Sabana (clasificación de Koppen), con un período de lluvias comprendido entre los meses de Abril a Octubre. Los totales de precipitación, evaporación y temperaturas se muestran en la Tabla 2.2

Tabla 2. 2 Parámetros climatológicos, periodo 1974-1985 (CVG Tecmin, 1989).

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALORES TOTALES Y MEDIA ANUAL</b>
Precipitación	1050 mm.
Evaporación	1743 mm.
Temperatura	26°C
Temperatura Mínima	21°C
Temperatura máxima	31,4°C

## **2.4 Hidrografía**

Cabe resaltar que la red hidrográfica en el área, presenta un patrón dendrítico, donde la mayoría de los cuerpos de agua superficiales son de carácter intermitente, razón por la cual no se cuenta con datos hidrológicos.

La estación hidrométrica más cercana se encuentra ubicada en el río Carichapo en El Callao, y los registros disponibles están comprendidos entre los años 1977 a 1982.

El área de abarca la sección alta de la cuenca de la quebrada loa Americanos; la cual es alimentada por numerosos drenajes tributarios, de carácter intermitente.

El Río Carichapo es el drenaje principal del área. Es de régimen permanente y se inicia en el sector San Salvador, al Sureste del Embalse del río Caroní, descendiendo

con un recorrido inicial en sentido Oeste-Este y luego Norte-Sur en una sección baja. La longitud total de este río es de aproximadamente 280 km., pasando por las localidades de Guasipati (CVG Tecmin, 1989).

## **2.5 Vegetación**

Desde el punto de vista bioclimático, el área se caracteriza por estar enmarcada dentro de la zona de vida correspondiente al Bosque Seco Tropical bajo este contexto. La zona agrupa en líneas generales bosques medios de cobertura uniforme pudiéndose diferenciar tres (3) formaciones vegetales consideradas como bosques primarios; ellos son: bosques altos medios, bosques medios – medios y bosques medios – medios con emergentes (CVG Tecmin, 1989).

En general, el bosque se caracteriza por una exuberante vegetación que se refleja en la altura que alcanzan los árboles dominantes (20 metros), cuyos diámetros en algunos casos exceden los 60 cm. Los individuos arbóreos poseen en general fustes rectos, lisos y cilíndricos que ramifican a gran altura, predominando las especies de hojas angostas y semidecíduos (CVG Tecmin, 1989).

Asimismo, en el área puede observarse evidencias de intervención, originada a partir de tres causas: por extracción de material aurífero a pequeña y gran escala, por agricultura migratoria (conucos) y permanente; y por aprovechamiento de madera (CVG Tecmin, 1989).

## 2.6 Suelos

Los estudios realizados por CVG-Edelca C.A (1980), indican que los suelos son del tipo ultisol y oxisol. Estos suelos evolucionaron de rocas graníticas y volcánicas pertenecientes al Complejo de Supamo y el Grupo Carichapo. Cabe considerar que son suelos moderadamente profundos a muy profundos, de textura franco arcillo-arenoso y arcillo-arenoso y arcilloso, en profundidades, son de baja fertilidad natural (CVG Tecmin, 1989).

Localmente los suelos son de origen residual derivados de la meteorización de rocas ígneas, particularmente andesitas y lavas, su textura es comúnmente arcillosa, mezclada con bloques subangulosos de cuarzo y rocas altamente meteorizadas, en algunas partes se encuentran suelos compuestos por materiales no consolidados de naturaleza coluvio – aluvial (CVG Tecmin, 1989).

## 2.7 Geomorfología

Los procesos de abrasión han sido intensos y se han visto favorecidos por la tectónica, que se refleja en relieves alargados (lomas, filas, diques) siguiendo el tren estructural regional, y por el tipo de litología a partir de la cual se han modelado.

En la zona de estudio predomina un Tipo de Paisaje de sabana (CVG – Tecmin, 1989), donde los procesos erosivos han actuado de manera intensa, generando una disección fuerte; caracterizado por un conjunto de relieves de lomas de topografía, con pendientes que oscilan entre 0 % - 8 %, que localmente pueden superar este rango; separadas por vegas encajonadas asociadas a los cursos de agua que drenan el área (Figura 2.2).

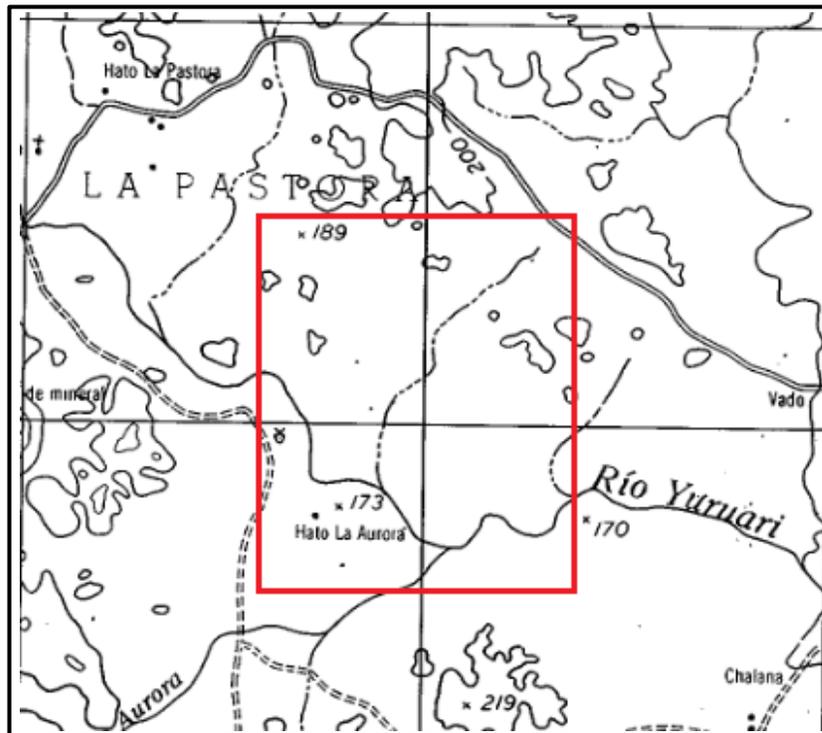


Figura 2. 2 Relieves de sabanas presentes en la zona de estudio.

Este relieve modelado en rocas del “Cinturón de Rocas Verdes” de El Callao, constituido por lavas andesíticas y lavas basálticas del Grupo Carichapo, conjuntamente con rocas intrusivas básicas. Es el más irregular y elevado del área, destacándose cotas máximas de 200 m.s.n.m y mínimas de 92 m.s.n.m, correspondiente a las sabanas. Estas rocas tienen una orientación estructural  $N 70^\circ E$ , al Sur de El Callao, y por el control de la estructural, se han formado valles paralelos a esta orientación. Igualmente, los diques de rocas básicas presentan una orientación semejante y conforman “Lomeríos de origen estructural” (CVG Tecmin, 1989).

Los lomeríos originados a partir de rocas meta-sedimentarias y meta-volcánicas de la Formación Yuruari, son los que presentan generalmente las menores elevaciones (lomas bajas) con cotas de 200 m.s.n.m y desniveles entre el tope y la base de 60 m; han sufrido severos procesos erosivos (CVG Tecmin, 1989).

## **2.8 Geología regional**

El Escudo de Guayana se extiende al Sur del Río Orinoco y ocupa algo más del 50% de la superficie de Venezuela. El estudio más actualizado sobre el mismo fue realizado por el U.S.G.S – CVG Tecmin, cuyo trabajo general regional es parte de la base de esta síntesis (Sidder y Mendoza, 1995), así como de la información aportada por compañías privadas mineras, como consecuencia del auge minero que registró Guayana entre 1990-1993 y que ha continuado con menor intensidad hasta el presente, y que culminó con los proyectos mineros importantes (Mendoza, V. 2012).

El Escudo de Guayana (EG), en Venezuela, se compone de las siguientes 4 provincias geológicas o unidades equivalentes Roraima, Cuchivero, Pastora e Imataca.

En la zona de estudio afloran solamente unidades litológicas de las Provincias Geológicas de Pastora (Mendoza, V. 2012).

### **2.8.1 Provincia Geológica de Pastora (PP)**

La Provincia Pastora (PP) se extiende desde la Falla de Gurí al Norte hasta las proximidades del Parque Nacional Canaima al Sur (km 95 carretera El Dorado-Santa Elena), por el Este hasta los límites con la Zona en Reclamación del Esequivo y al Oeste hasta el Río Caura (Mendoza, V. 2012).

La PP o provincia del oro, está formada por CRV, delgados, más antiguos, tectonizados, tipo Carichapo, formados en/o cerca de un arco de islas en una zona de convergencia y CRV, más anchos, jóvenes, menos tectonizados y menos metamorfizados, tipo Botanamo, formados en la cuenca delante del arco de islas y

complejos graníticos TTG o granitos sódicos, como el Complejo granítico de Supamo (Mendoza, V. 2012).

Menéndez, A. (1972) definió al CRV de Guasipati-El Callao formado por el “Supergrupo” Pastora, y por la “Formación” Yuruari suprayacente al “Grupo Carichapo”. El GC está constituido de base a tope, según ese autor, por la Anfibolita de Carichapo, y en orden sucesivo ascendente por las “formaciones” Florinda, Cicapra y El Callao (Mendoza, V., 2012) (Figura 2.3).

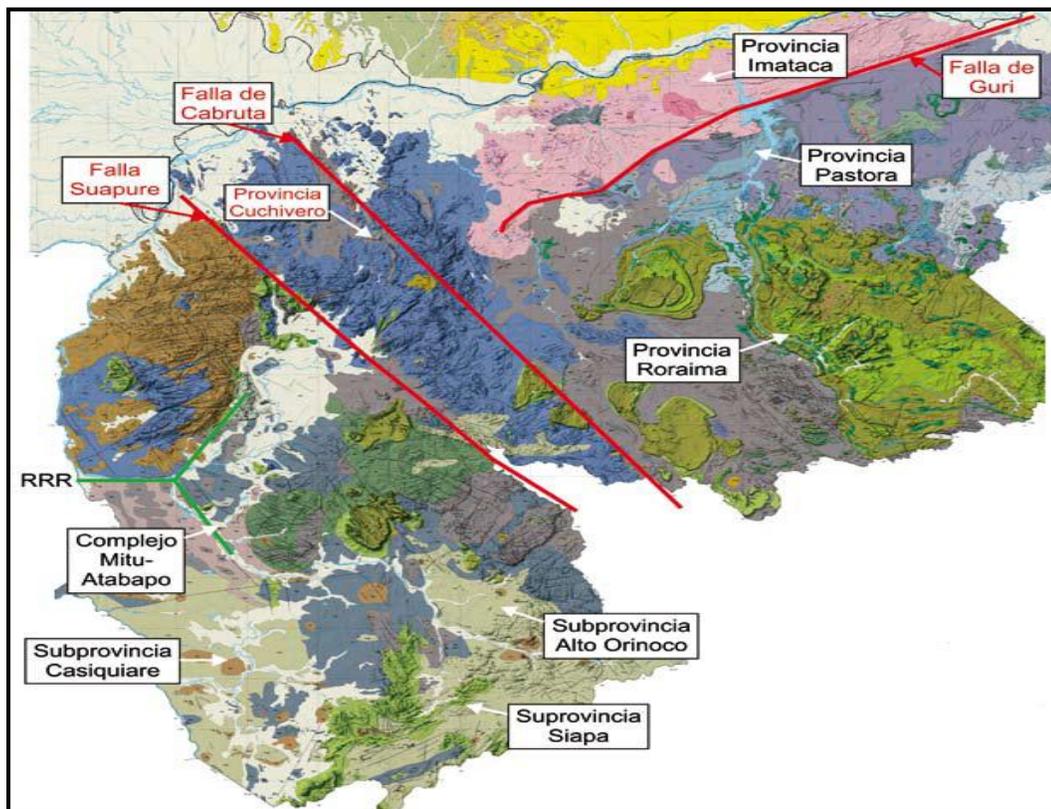


Figura 2. 3 Provincias geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. 2012).

El “Supergrupo Pastora” para Menéndez (1967), citado por Mendoza 2012; se compone del Grupo Carichapo (Formaciones Cicapra, Florinda y El Callao) y la Formación Yuruari (Figura 2.4).

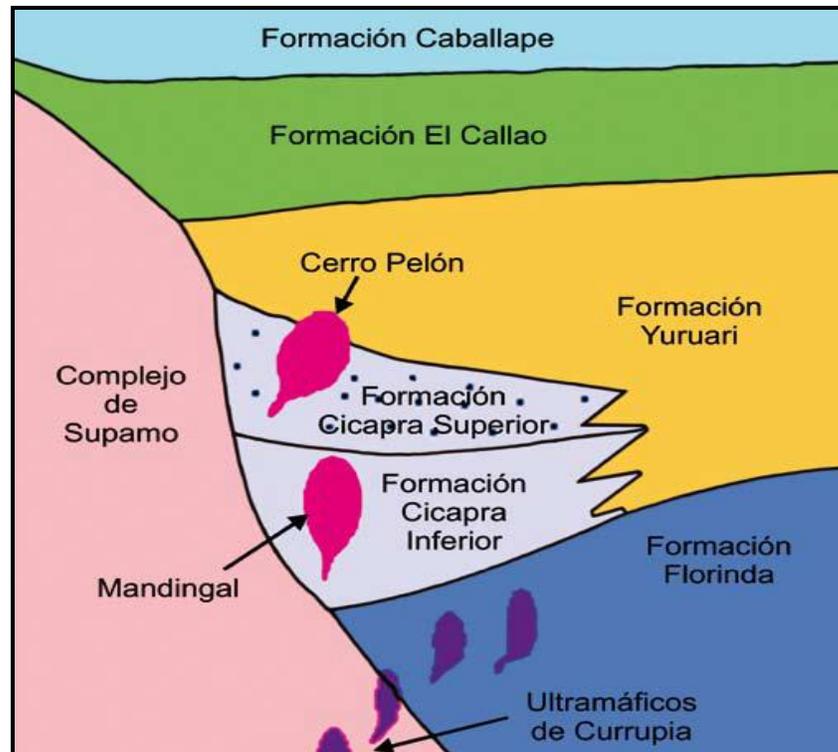


Figura 2. 4 Relaciones estratigráfico-tectónicas de las "formaciones" El Callao, Yuruari, Cicapra (inferior y superior) y Florinda, con respecto al complejo granítico TTG de Supamo y a los plutones intrusivos de Cerro Pelón y Mandingal (Mendoza, 2012).

Toda la secuencia está intrusionada por granitos potásicos o “sensu estricto”, dioritas y rocas gabroides con escasos y no bien definidos complejos máficos-ultramáficos, ofiolíticos o no, tipo Yuruan-Uroy, e intrusiones de diques anulares como Nuria y sills de diabasas y rocas asociadas norítico-gabroides con algo de cuarzo (Mendoza, V. 2012).

### 2.8.2 Estratigrafía regional

Supergrupo Pastora: El Supergrupo Pastora está constituido por el grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El grupo Carichapo (Proterozoico Inferior) está dividido a su vez en la Formación El Callao y la Formación Cicapra. Estos grupos infrayacen concordantemente a la Formación Yuruari, no llegase a observar el contacto inferior. También se presenta en contacto intrusivo con las rocas graníticas de Complejo de Supamo.

El Supergrupo Pastora es el C.R.V más antiguos (Proterozoico Inferior). Es estrecho y alargado. El de mayor amplitud es el de El Callao (20 Km de ancho por 70 Km de largo) y el de Bochinche (20 Km de ancho por 110 Km de largo). Los cinturones de El Manteco, Sierra Verdún, El Silencio y el Cumén son los más angostos y pequeños en extensión.

El Supergrupo Pastora, en la región de Guasipati-El Callao se compone del grupo Carichapo (formaciones Cicapra, Florinda y El Callao) y la Formación Yuruari (Menéndez, 1968,1994) (Tabla 2.3).

Para Menéndez la Formación El Callao es la parte inferior de la secuencia, su base se desconoce y aparece siempre como un contacto intrusivo con rocas graníticas del Complejo de Supamo y su contacto es de falla a transaccional con la Formación Yuruari. El Callao según Menéndez, A. (1968) aparece parcialmente equivalente a Cicapra y parcialmente cubierta por ella.

Tabla 2. 3 Supergrupo Pastora en la región de Guasipati-El Callao (Menéndez, A. 1972, en Mendoza, V. 2012).

		<b>Formación Caballape</b>	<b>Rocas Incrustadas</b>	<b>Gabro y Diabasa</b>
<b>Súper Grupo Pastora</b>		<b>Formación Yuruari</b>		<b>Granito y Cuarzo Monzonita</b>
	<b>Grupo Carichapo</b>	<b>Formación El Callao</b>		<b>Complejo de Supamo</b>
		<b>Formación Cicapra</b>		<b>Pórfido de Cuarzo</b>
		<b>Formación Florinda</b>		<b>Meta - Gabro</b>
		<b>Anfibolita de Carichapo</b>		

Los CRV del Arqueozoico son más espesos (>12 km) y contienen más comatiitas + basaltos (hasta >80%) que los CRV del Proterozoico, debido a que contienen más plateau oceánicos, mientras que los CRV del Proterozoico contienen más rocas félsicas y grauvacas que los CRV del Arqueozoico, debido a que estos últimos ocurren en terrenos oceánicos (arcos de islas primitivos, corteza oceánica, plateaux submarinos, etc.), mientras que los CRV del Paleoproterozoico se originaron en Laurentia/Sur América, etc., en terrenos de arcos márgenes continentales, menos profundos, con mayor erosión y aporte de sedimentos clásticos de una parte y de fundidos de más bajo punto de fusión, de la otra parte.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

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

Según Fedupel, (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:

Moreno, L. y Mendoza, V. (1975) describieron remanentes de cinturones de rocas verdes en la región del Alto Supamo, los cuales denomino metabasitas, correspondiente a rocas básicas anfibolitizadas, como producto de las intrusiones graníticas del Complejo de Supamo e intrusivos jóvenes potásicos.

La Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera. C.A (CVG. Técmin. C.A, 1989), a través del “**PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA (P.I.R.N.R.G.)**”, realizó estudios geológicos regionales sobre el área cubierta por la hoja de radar NB-20-7, lo cual permitió definir algunos aspectos litológicos de las provincias geológicas de Pastora y Roraima.

Díaz, A. (2005) realizó su trabajo de grado referente a **“CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MINERALÓGICA DE LOS SEDIMENTOS DEL RÍO SUPAMO. MUNICIPIO AUTÓNOMO ROSCIO, ESTADO BOLÍVAR”**. Su objetivo general fue hacer un reconocimiento en varias partes del río Supamo para realizar un muestreo y posteriormente aplicarle diferentes análisis, tales como: granulométricos, morfoscópicos, mineralógicos y cyclozycer. De acuerdo a los datos obtenidos por medio de los referidos análisis se concluyó que: El material extraído del río es de grano fino a grano grueso, según las clases granulométricas de acuerdo al tamaño del fragmento; además son de forma sub. - angular a sub. – redondeada con un contenido mayor a 88.5% de cuarzo; consiste en un material de composición fina con alto contenido de arcilla.

En función a estos resultados se tiene que los sedimentos contenidos en el río Supamo son arenas finas con abundante material arcilloso y rico en cuarzo, que algunos han sufrido transporte y otros son característicos de su fuente de origen.

Usó, M. (2007) realizó el **“INFORME DIAGNÓSTICO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE PEQUEÑA MINERÍA SUPAMO – PARAPAPOY. INGEOMIN, REGIÓN GUAYANA”**. El cual tiene por objetivo presentar los resultados alcanzados en las diferentes actividades vinculadas con la determinación del potencial aurífero de un área de 26.100 ha aproximadamente, con el fin de descubrir otros depósitos para la pequeña minería, donde los resultados de la investigación fueron:

Del total del área de la parcela solo un 20 % presenta un alto potencial de contener probablemente una o varios depósitos auríferos primarios, con vetas de cuarzo aurífero, zonas de fallas mineralizadas y sulfuros auríferos diseminados, todo de un común cinturón de rocas verdes.

La zona de estudio se caracteriza por presentar oro, en vetas y en zonas de fallas, que puede ser aprovechado por la pequeña minería.

### **3.2 Fundamentos teóricos**

#### **3.2.1 Teledetección y los sensores remotos**

La teledetección o percepción remota es la técnica empleada para obtener información a distancia sobre objetos y zonas de la superficie terrestre, basada fundamentalmente en el análisis de las imágenes obtenidas desde aeronaves y satélites preparados para ello. Las cámaras y otros instrumentos que registran esta información se denominan sensores, que son transportados en aviones y satélites artificiales (plataformas), estos sistemas de teledetección se emplean de forma habitual para el reconocimiento, la generación de mapas y la observación de los recursos y el medio ambiente de la Tierra, también se han empleado para explotar otros planetas (Salazar, J. 2002).

La mayoría de los sensores remotos registran la energía electromagnética radiada o reflejada por los objetos presentes en la superficie terrestre. La forma más familiar de energía electromagnética es la luz. Cuando la película de una cámara se expone a la luz, está registrando la energía electromagnética. Muchos sistemas sensores se basan en la toma de fotografías; otros en el registro de energía electromagnética invisible como rayos infrarrojos o microondas (Salazar, J. 2002).

#### **3.2.2 Sistema de teledetección espacial**

Un sistema de teledetección espacial está conformado de los siguientes elementos: fuente de energía, objeto de estudio, sistema sensor, sistema de recepción – comercialización, interprete y usuario final (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.1 Fuente de energía**

Supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor, es decir emite su propia fuente de energía (teledetección activa). La fuente de energía natural más importante es la radiación solar (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.2 Objeto de estudio**

En el caso del planeta Tierra, es la superficie terrestre, que está formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o infraestructuras, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía y la refleja o emiten de acuerdo a las características que tengan los elementos u objetos sobre la superficie (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.3 Sistema sensor**

Está compuesto por el sensor, propiamente dicho y la plataforma que lo sustenta. Tiene como función principal captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.4 Sistema de recepción–comercialización**

Es donde se recibe la información transmitida por el satélite, se graba en un formato apropiado, luego de pasar por las correcciones pertinentes, se distribuye a los intérpretes (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.5 Intérprete**

Es el que analiza la información normalmente en forma de imágenes analógicas o digitales, convirtiéndolas en una clave temática o cuantitativa, que se orienta a facilitar la evaluación del problema en estudio (Salazar, J. 2002).

### **3.2.2.6 Usuario final**

Es el encargado de analizar el documento futuro de la interpretación, así como decidir sobre las consecuencias que de él se deriven (Salazar, J. 2002).

## **3.3 Elementos a identificar de las imágenes**

Son 05 los elementos o rasgos pictóricos que permiten identificar los detalles y objetos del terreno mediante sus imágenes fotográficas. Ellos son: forma, tamaño o dimensión, tono y color y textura (Salazar, J. 2002).

### **3.3.1 Forma**

Cada elemento u objeto distinto del terreno posee una forma características que pueden ser reconocidas por su forma bidimensional. Ejm: (las vías férreas, las carreteras principales y las carreteras secundarias) (Salazar, J. 2002).

### **3.3.2 Tamaño o dimensión**

El tamaño con que se observan los objetos en la imagen depende del tamaño propio de los objetos y de la escala de la fotografía, en el modelo estereoscópico, es

fácil diferenciar una montaña de una colina, un edificio de una casa (Salazar, J. 2002).

### **3.3.3 Tono y color**

Es una de las características más importantes en el análisis de percepción remota en blanco y negro. Generalmente la gradación de tonalidades que se observa en cualquier imagen obtenida por un sensor remoto es producto de una gradación proporcional de la intensidad de la energía captada por el sensor usado. Ejm: suelos descubiertos, carreteras, caminos (Salazar, J. 2002).

### **3.3.4 Textura**

Es la repetición en el agrupamiento del detalle tonal de un mismo elemento en las fotografías, dada por la alternancia de zonas iluminadas y zonas de sombra. Se clasifica en macrotextura, mesotextura y microtextura, dependiendo de los detalles que la producen (Salazar, J. 2002).

### 3.4 Uso frecuente de la bandas del Satélite Landsat-TM

En la tabla 3.1 se observan las bandas y los usos más frecuentes

Tabla 3. 1 Uso frecuente de las bandas del Satélite Landsat-TM (Salazar, J. 2002).

<b>BANDA 1</b> <b>(0.45-0.52<math>\mu</math>M)</b>	SEPARACIÓN DE SUELOS Y VEGETACIÓN AZUL-VERDE. DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTOS EN EL AGUA.
<b>BANDA 2</b> <b>(0.52-0.60<math>\mu</math>M)</b>	VIGOR DE LA VEGETACIÓN (SALUD), VERDE-ROJO. FORMAS CULTURALES, TURBIDEZ EN AGUAS.
<b>BANDA 3</b> <b>(0.60 -0.69 <math>\mu</math>M)</b>	ABSORCIÓN CLOROFILIANA. DISCRIMINACIÓN DE VEGETACIÓN. ROJO.
<b>BANDA 4</b> <b>(0.76-0.90<math>\mu</math>M)</b>	ESTIMAR CANTIDAD DE BIOMASA. ACUMULACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA. DELIMITAR CUERPOS DE AGUA. INFRARROJO CERCANO.
<b>BANDA 5</b> <b>(1.55-1.75<math>\mu</math>M)</b>	PRESENCIA DE HUMEDAD EN VEGETACIÓN Y SUELOS. DISTINGUIR NIEVE Y NUBES. MASA DE AGUA EN LAS HOJAS. INFRARROJO MEDIO.
<b>BANDA 6</b> <b>(10.4-12.5<math>\mu</math>M)</b>	➤ SENSIBLE A LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE. ➤ LOCALIZAR PUNTOS DE ACTIVIDAD. ➤ GEOTÉRMICA. INFRARROJO LEJANO.
<b>BANDA 7</b> <b>(2.08-2.35<math>\mu</math>M)</b>	➤ ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE ESTRÉS DE LAS PLANTAS. INFRARROJO MEDIO. ➤ DISCRIMINACIÓN DE FORMACIONES ROCOSAS.

### 3.5 Características de la radiación electromagnética

La radiación electromagnética consiste en una oscilación perpendicular de un campo eléctrico y magnético. La radiación electromagnética transporta energía de un punto a otro, esta radiación se mueve a la velocidad de la luz (siendo la luz un tipo de radiación electromagnética) (Salazar, J. 2002).

La firma espectral es el modo peculiar con que un determinado elemento refleja o emite la energía a distintas longitudes de onda, teniendo en el espectro

electromagnético puntos o rangos específicos de bandas de absorción (Salazar, J. 2002).

Las características más importantes de la radiación electromagnéticas están dadas por la Teoría Cuántica y la Teoría Ondulatoria. La Teoría Cuántica sugiere que la radiación Electromagnética es absorbida y emitida en unidades discretas llamadas quantum o fotones. La Teoría Ondulatoria establece que la energía electromagnética se propaga en forma de ondas que en el vacío viajan a la velocidad de la luz (Salazar, J. 2002).

### 3.6 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se puede definir como “un continuo que consiste en el arreglo ordenado de la Radiación Electromagnética, de acuerdo a la longitud de onda y/o frecuencia”. La Energía Electromagnética que se esquematiza en el Espectro Electromagnético es un vehículo con capacidad ilimitada de propagar información (Salazar, J. 2002).

A continuación se hará una breve descripción de las diferentes regiones o bandas que integran el espectro Electromagnético (Tabla 3.2)

Tabla 3. 2 Intervalos de frecuencias en las distintas regiones del espectro (Salazar, J. 2002).

<b>Región del espectro</b>	<b>Intervalo de frecuencias (Hz)</b>
Radio – microondas	$0 - 3 \times 10^{12}$
Infrarrojo	$3 \times 10^{12} - 4,6 \times 10^{14}$
Luz Visible	$4,6 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$
Ultravioleta	$7,5 \times 10^{14} - 6 \times 10^{16}$
Rayos X	$6 \times 10^{16} - 1 \times 10^{20}$
Radiación gamma	$1 \times 10^{20}$

### **3.7 Tipos de sensores remotos**

Según Chuvieco, E. (1990), citado por Salazar Jaime (2002), el enfoque de los sensores remotos puede ser clasificado de acuerdo a su naturaleza tecnológica o científica. Para esta clasificación se toma en cuenta el origen del problema, la metodología aplicada y los motivos que estas detrás de la solución de dicho problema (objetivo); es decir, depende del tipo de lógica usada; que de acuerdo a esto, puede ser: inductiva, deductiva y tecnológica.

De acuerdo a su fuente de energía, los sensores remotos, se clasifican en sensores pasivos, como los satélites Landsat, Ikonos, Spot, Quickbird, Aster, etc., que son afectados por las condiciones atmosféricas; y sensores activos, como el Radarsat, entre otros que emiten su propia energía (Chuvieco, E. 1990).

#### **3.7.1 Sensores pasivos**

Los sensores pasivos de teledetección reciben la señal de una fuente de luz o energía externa reflejada por la superficie de los cuerpos. Estos sensores están incluidos sobre la mayoría de los satélites que manejan las bandas del espectro visible por ejemplo: los satelitales como Landsat, Ikonos, Aster, Spot; y las cámaras fotográficas, entre otros (Chuvieco, E. 1990).

#### **3.7.2 Sensores activos**

Los sensores activos, se basan en que proveen su propia fuente de energía que emiten hacia los cuerpos y reciben la señal de retorno. Entre los sensores activos más comunes están los radares, que pueden trabajar bajo cualquier condición atmosférica, tanto de día como de noche. Estos sensores trabajan principalmente en la región de las microondas (Chuvieco, E. 1990).

El radar, radiómetro activo de microondas que trabaja en una banda comprendida entre 0,1 cm y 1 m. Gracias a su flexibilidad, puede operar en cualquier condición atmosférica, es de gran ayuda en las regiones geográficas en donde exista permanente nubosidad que dificulte el uso de otro tipo de sensor pasivo (Chuvienco, E. 1990).

### **3.8 Satélites actuales**

En la actualidad existe una gran competencia por el mercado entre los satélites de observación terrestre, ya que algunos proveen imágenes multiespectrales (Aster, Quickbird, Landsat, Spot, Ikonos, etc.) y los otros hiperespectrales (Hyperion y otros aerotransportados). La diferencia radica en el mayor rango de resolución espacial que poseen los satélites hiperespectrales (Chuvienco, E. 1990).

#### **3.8.1 Sistemas de información geográfica (SIG)**

“Un SIG consiste en una herramienta informática de gestión y análisis integral de datos con referencia espacial”. Estas soluciones combinan un sistema gestor de bases de datos y una serie de herramientas específicas para el manejo de información espacial, permitiendo la realización de múltiples operaciones, tales como consultas, cruzamientos de datos, generación cartográfica, estadísticas, informes, complejos modelos territoriales, etc., que, por otros medios resultarían especialmente difíciles de abordar. (Chuvienco, E. 1990).

Los SIG permiten así recoger una visión integrada del territorio municipal, tanto en lo temático como en lo espacial. A partir de información recogida en el banco de datos, el sistema es capaz de realizar complejos y exhaustivos análisis sobre la problemática y potencialidad medioambiental del medio, de manera consistente y a una escala adecuada para la toma de decisiones. En este sentido, la posibilidad que ofrece para simular acciones futuras o marcar pautas de comportamiento frente a

determinadas actuaciones previstas en el territorio, lo convierten en un instrumento de gran utilidad para el gestor ambiental (Chuvienco, E. 1990).

Un SIG, también puede definirse como “un sistema de información que se utiliza para ingresar, almacenar, recuperar, manipular, analizar y obtener datos referenciados geográficamente o datos geoespaciales, a fin de brindar apoyo en la toma de decisiones sobre planificación y manejo de usos del suelo, recursos naturales, medio ambiente, transporte, instalaciones urbanas y otros registros administrativos (Chuvienco, E. 1990).

### **3.8.2 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 (Sánchez, I. 2015).

### **3.8.3 Fundamentos de ArcGIS**

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (Sánchez, I. 2015).

Actualmente ARCGIS no es sólo una tecnología para elaborar mapas sino que es también una infraestructura basada en la nube que posibilita la colaboración y el uso compartido de la información geográfica. Así pues, ARCGIS ha evolucionado desde una única herramienta para el análisis y el procesamiento de datos espaciales a

todo un conjunto de aplicaciones relacionadas entre sí destinadas al manejo y el tratamiento de la información geográfica, siendo su característica más reseñable el ser un SIG diseñado para trabajar a nivel multiusuario (Sánchez, I. 2015).

La tecnología ARCGIS está compuesta de una gama escalable de productos software que comparten la misma arquitectura de componentes (ArcObjects) y que permiten crear, administrar, manipular, editar, analizar y distribuir la información geográfica. Cada uno de los productos está pensado y diseñado para ejecutar cada una de las fases de un proyecto SIG. Entre todas estas herramientas encontramos funcionalidades que permiten:

1. Crear datos geográficos con digitalización asistida.
2. Dibujar y editar entidades en un mapa.
3. Trabajar con dispositivos móviles actualizando los datos en tiempo real.
4. Sintetizar datos de diferentes fuentes.
5. Almacenar la información en una base de datos geográficos.
6. Realizar operaciones de análisis espacial.
7. Diseñar y calcular redes.
8. Automatizar geoprocesos.
9. Crear visualizaciones de propiedades espaciales en 2D y 3D.
10. Maquetar mapas y controlar la salida de datos.
11. Publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

#### **3.8.4 Fundamentos de Global Mapper**

Global Mapper es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una

variedad sin precedentes de formatos de datos. Desarrollado tanto para profesionales SIG como para iniciados, este software versátil es también idóneo como herramienta independiente de gestión de datos SIG, o como complemento a un SIG existente (Sánchez, I. 2015).

Global Mapper incluye la posibilidad de acceder directamente a varias fuentes en línea de imágenes, mapas topográficos, y los datos DEM/DSM. Esto incluye el acceso a las imágenes de color de alta resolución de DigitalGlobe para el mundo entero (con marca de agua para su uso gratuito), mapas detallados de calles de OpenStreetMap.org, y el acceso a la base de datos completa de TerraServer-USA/MSRMaps.com imágenes de satélite y mapas topográficos de la USGS libre de-cargo. Global Mapper también tiene la capacidad de acceder fácilmente a fuentes de datos WMS, que incorpora en el acceso a los datos de elevación e imágenes de color para el mundo entero, y para ver la elevación y datos vectoriales en 3D real, con la superposición de cualquier dato cargado sobre ellas (Sánchez, I. 2015).

Global Mapper tiene la opción de licencias flotantes y lee datos LiDAR en formatos **LAS 1.4** y **LASzip** (archivos LAS comprimidos) directamente. Utiliza los datos GPS de receptores compatibles, conectados a un computador móvil. Además es capaz de leer el geoetiquetado de fotos y colocar un vínculo hacia ellas en la ubicación precisa en que fueron tomadas (Sánchez, I. 2015).

### **3.9 Bases teóricas**

#### **3.9.1 Suelo**

Se puede definir como el material no consolidado o semi-consolidado, compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, diferentes minerales y compuestos litológicos, y con diferentes cantidades y clases de materias orgánicas,

los cuales se encuentran sobre la corteza terrestre como son: guijarros, arenas, limos, arcillas, etc. La capa superficial de la tierra rica en material orgánico se designa con el nombre de capa vegetal (González de Vallejo, L. 2002).

Los suelos derivan de las rocas producto de los procesos que las afectan. Esta mutación no alcanza un estado de equilibrio permanente, pues continuamente intervienen agentes o factores de formación que van modificando o cambiando las características físicas y químicas del suelo. La roca madre que se convierte en suelo puede ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.1.1 Suelos Aluvionales (Qal)**

Son suelos transportados por los ríos o las aguas de escorrentía y son acumulados recientemente sobre suelos residuales, roca descompuesta, rocas meteorizadas y/o frescas. Los aluviones acumulados por los ríos, en algunos tramos, a lo largo de sus cauces, generalmente son arenas limpias de tamaño variable (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.1.2 Suelos Coluviales (Cv)**

Son suelos de pie de ladera y/o vertientes, originados por arrastre de arrolladas difusas y/o repteo de suelos residuales y rocas descompuestas, son acumulados generalmente sobre suelos aluvionales. Consisten en peñones, bloques, gravas, arenas, limos y arcillas (González de Vallejo, L. 2002).

Características:

1. Son suelos transportados por la gravedad.

2. Granulometría heterogénea y angulosa
3. El tamaño de sus granos es de muy fino a grueso.
4. Forma de depósitos completamente irregular.
5. No sufre desgaste por transporte.
6. No hay nivel freático.
7. No apto para fundación.

### **3.9.1.3 Suelos Residuales (Sr)**

Son suelos originados por alteración in situ y por la disgregación de la roca descompuesta. A veces estos materiales, por ser originados de rocas de composición cuarzo feldespáticas, son de carácter areno-limo-arcilloso y limo-arenoso en menor proporción, los cuales son aptos para la construcción de rellenos impermeables (González de Vallejo, L. 2002).

### **3.9.2 Rocas**

Agregados naturales compuestos de uno o más minerales, cristalinos o amorfos, que presentan características homogéneas y constituyen sobre la tierra cuerpos geológicamente independientes. Las rocas se dividen, según su modo de formación, en tres grupos: ígneas o magmáticas, sedimentadas y metamórfica (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.2.1 Roca Descompuesta (RD)**

En conjunto se presenta como un material de carácter areno-limo-arcilloso de consistencia blanda y porosa; de peso unitario usualmente más bajo que la del suelo residual derivado de ella. Usualmente mantiene la estructura original de la roca. Es susceptible de asentamiento in situ, colapsa bajo carga o inundación. Constituye un

buen material de relleno y es excavable con equipos mecánicos convencionales y en forma manual (González de Vallejo, L. 2002).

### **3.9.2.2 Roca Meteorizada (RM)**

Se refiere a rocas parcialmente alteradas por la meteorización pero substancialmente duras. Sus pesos unitarios son menores que los de la roca fresca, al igual que su resistencia a la comprensión, la cual varía entre amplios rangos según su grado de alteración. Los planos de las discontinuidades suelen estar abiertos y oxidados (González de Vallejo, L. 2002).

Estos materiales sirven para rellenos no seleccionados. Para su excavación requieren de equipos mecánicos robustos, llegando a veces al uso de explosivos; cuando son duras y van a ser usadas como fundación, usualmente son inyectables, aunque también ello dependerá del grado de fracturación y de las características físicas que tengan las discontinuidades presentes (González de Vallejo, L. 2002).

### **3.9.2.3 Roca Fresca (RF)**

Son rocas cuyos componentes minerales no han sufrido procesos de meteorización. Estos materiales pueden ser blandos o duros según la naturaleza de los minerales que la componen (González de Vallejo, L. 2002).

Las rocas frescas pueden ser macizas, laminadas o fracturadas o cualquier combinación entre ellas (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.2.4 Roca Maciza**

Toda roca sin fractura o que se presenta en bloques superiores en volumen a un metro cúbico (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.2.5 Roca laminada**

Formadas en zonas superficiales de la corteza terrestre a partir de materiales que se depositan formando capas o estratos, cuya estratificación no es superior a 5 cm. en espesor (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.2.6 Roca Fracturada**

Son agregados naturales (sistemas homogéneos) que se presentan en nuestro planeta en masas de grandes dimensiones. Las rocas cuyo sistema de diaclasas y otros procesos naturales la hayan dividido en bloques pequeños inferiores en volumen a 0.125 metros cúbicos (González de Vallejo, L. 2002).

#### **3.9.3 Fallas**

Es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha habido desplazamiento relativo de un lado respecto al otro. Las fallas son discontinuidades adicionales con menor resistencia al corte que la roca intacta, a lo largo de las cuales puede haber rotura por corte bajo ciertas condiciones cinemáticas y de niveles de esfuerzos (Whitten, D. y Brooks, J. 1972).

### **3.9.4 Mapa estructural**

Un mapa estructural es la proyección en el plano del tope o la base de un cuerpo o nivel cartografiado. Los Contornos Estructurales nos informan sobre la orientación del estrato cartografiado (rumbo), la inclinación y magnitud del estrato con relación al plano horizontal, el desplazamiento de las fallas, entre otros parámetros de la zona de interés (Whitten, D. y Brooks, J. 1972).

### **3.9.5 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).

### **3.9.6 Rumbo**

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

### **3.9.7 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  $270$  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).

### **3.9.8 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 (Irondo, M. 2007).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

El tipo de nivel de esta investigación es de tipo documental.

##### **4.1.1 Nivel de investigación documental**

Para llevar a cabo la elaboración de este proyecto de investigación y sentar las bases teóricas, la investigación consistió en la recopilación bibliográfica de trabajos realizados cercanos a la zona de estudio y la información cartográfica, además de aplicar herramientas computarizadas en la interpretación de las imágenes satelitales.

#### **4.2 Diseño de investigación**

El diseño de la metodología de esta investigación está planteado en base a una investigación descriptiva.

##### **4.2.1 Investigación descriptiva**

El estudio descriptivo identifica las características del universo de investigación, señala formas y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos y descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación (Méndez, C. 2001).

De lo antes expuesto, se puede decir que interpretando la topografía y comparándola con la tectónica del lugar, se tiene una idea de las zonas propicias para la formación de estructuras favorables para albergar depósitos de oro.

### 4.3 Etapas de la investigación

La metodología simboliza la organización de todas las fases de investigación en un proyecto, la cual genera una serie de resultados y posibles soluciones, a diversos problemas. En el presente estudio se elaboró un flujograma sistematizado que representan las etapas, que serán descritas en el diseño de la investigación, en atención a las actividades y problemáticas planteada (Figura 4.1).

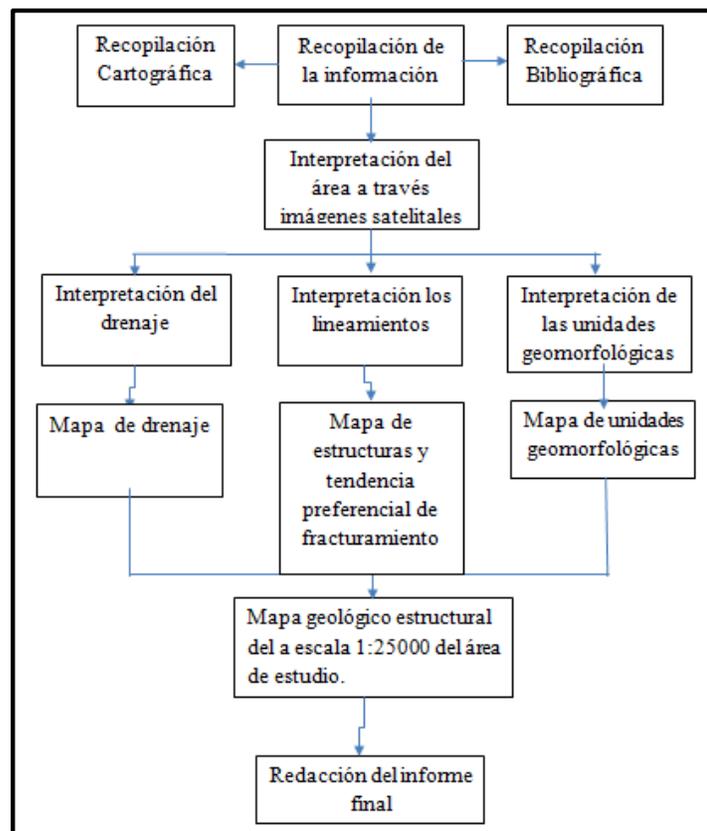


Figura 4. 1 Flujograma de la metodología.

### 4.3.1 Trabajo de oficina

Se refiere a la etapa inicial de todo trabajo de investigación; la cual comprende la recopilación documental, bibliográfica, y cartográfica.

#### 4.3.1.1 Información bibliográfica

Para el desarrollo de la investigación se integraron tanto las fuentes bibliográficas como las cartográficas. Las fuentes bibliográficas conforman las bases teóricas de la investigación. Para ello se consultó la literatura previa del área (trabajos de grado, trabajos de investigación, informes técnicos, artículos, entre otros).

#### 4.3.1.2 Información cartográfica

En cuanto a la información cartográfica se utilizaron la hoja 7839 a escala 1:50.000, El mapa geológico de Venezuela, hoja 1 de 2, año 2006, a escala 1:750.000 y la imagen del software Google Earth 2017 (Figura 4.2).

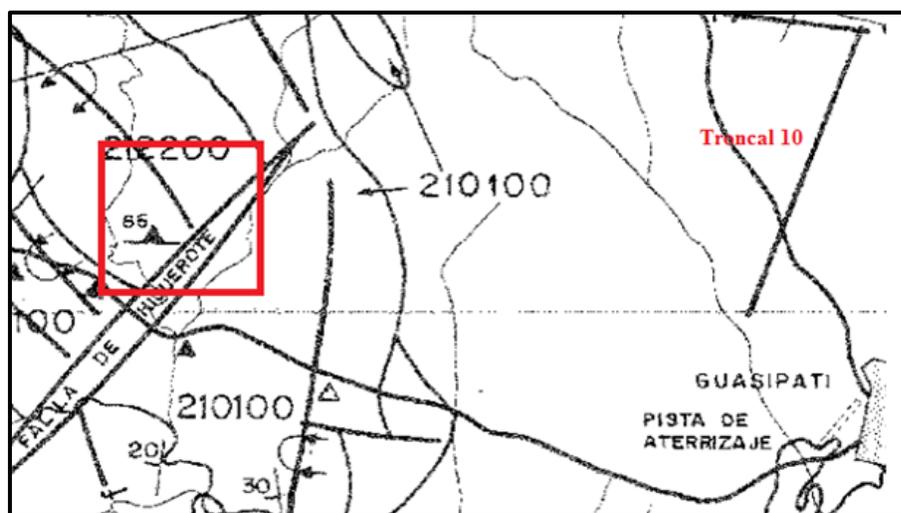


Figura 4. 2 Porción de la hoja NB-20-3, donde se muestra la zona de estudio.

### 4.3.2 Interpretación geológica y estructural basado en las imágenes satelitales

El análisis geológico-estructural, permitió comprender los procesos que actuaron para generar el relieve actual del área de estudio. Por medio de la integración de los diferentes sensores remotos se logró el análisis de la geología local, la topografía, estructuras y relación vegetación-suelo

Se tomaron como base, los patrones de la interpretación y fotogrametría, sobre las diferentes imágenes satelitales. En ellas se reconocieron y diferenciaron a través del programa GLOBAL MAPPER 17.0 características, tales como: color, textura, brillo, tonos de grises. Los parámetros interpretados fueron drenaje, litologías, estructuras geológicas y geomorfología (Figura 4.3).



Figura 4. 3 Revisión y mediciones en los mapas topográficos.

### 4.3.2.1 Interpretación de drenajes

El drenaje del área está controlado por la litología y por los sistemas de diaclasas y fallas. Es de carácter rectangular, corto y de primer orden, en las montañas; mientras que es dendrítico, largo y algunas veces de tercer orden en las sabanas de los alrededores de la zona de estudio (Figura 4.4).

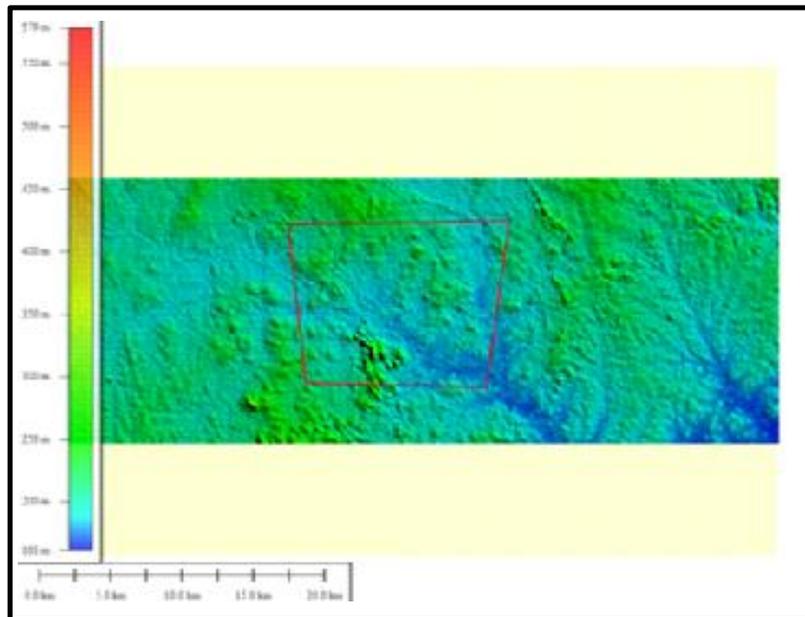


Figura 4. 4 Fragmento de la imagen satelital de Cartosur, a escala 1:50.000, con la demarcación del área de estudio y el drenaje.

Los cauces de agua de la zona de estudio, están íntimamente ligados al fracturamiento; en ese sentido, se observa una mayor densidad de drenaje del tipo intermitente dendrítico en la unidad de rocas graníticas del Complejo de Supamo, con respecto a la unidad ubicada en el centro de la zona, que corresponde a las rocas volcánicas.

Los principales drenajes están constituidos por dos sistemas hidrográficos principales ramificados del Río Carichapo, los cuales drenan hacia el Sureste.

#### **4.3.2.2 Interpretación de las estructuras geológicas**

Las estructuras geológicas son determinantes en el desarrollo del relieve. Las formas topográficas son una manifestación directa de las estructuras geológicas presentes. Las estructuras geológicas tienen relación, a su vez, con la composición mineralógica que puede asociarse a la mayor o menor resistencia de las rocas ante el intemperismo; en consecuencia, en la naturaleza hay rocas de gran resistencia, como aquellas que poseen un alto contenido de cuarzo, lo que crea relieves elevados que resaltan sobre aquellos constituidos por rocas más débiles, constituidos por menos cuarzo y más feldespato.

#### **4.3.2.3 Interpretación de dominios litológicos**

Partiendo de la ortoimagen de radar 7739-II, a escala 1:50000 de Cartosur y la imagen del software Google Earth 2017; y de acuerdo a las diferentes respuestas a los sensores, se diferenciaron tres (3) litologías, las cuales son: el cinturón de rocas verdes (CRV), las rocas graníticas y los aluviones

#### **4.3.3 Elaboración del mapa geológico-estructural.**

Para elaborar el mapa geológico-estructural se tomó como base la hoja cartográfica 7839 a escala 1:50.000, para la digitalización del mapa geológico-estructural se utilizaron las herramientas tecnológicas; Global Mapper 17.0 y ArcGIS 10.5.

A través del programa Global Mapper 17.0 se abrió la imagen 7839, donde se puede observar el relieve la textura, el color, la escala y sus respectivas coordenadas, luego se representó los puntos de la poligonal cerrada A, B, C y D, luego con el formato de Global Mapper se seleccionó el área estudiada y se exportó a Surfer en

formato grip con la finalidad de suavizar las curvas de nivel generadas por dicho programa, después son exportadas a formato dxf con el cual trabaja ArcGIS 10.5, seguidamente se abre el programa mencionado anteriormente y se dibuja la información obtenida de la interpretación geológica.

El procedimiento para el mapa geomorfológico es similar, solo que donde se identifican las diferentes formas de relieve (lomas, planicies, peniplanicies, laderas y valles), con base en los distintos tipos de textura y las tonalidades.

#### **4.4 Etapa III: Análisis de resultados**

Esta etapa del trabajo se desarrolló mediante la integración de la información obtenida de la visualización de los diferentes sensores. Se fundamenta en analizar la información obtenida de las imágenes satelitales y los diferentes mapas construidos a partir de estas, las cuales indican la evolución del área en cuanto a relieve y otras características geológicas.

#### **4.5 Redacción del informe final**

Con todos los resultados obtenidos, se procedió a la redacción del informe final, donde se recomienda una segunda fase de exploración, basada en el estudio de geología. También se propone la sección tipo de la Formación El Torno y la posible utilidad, desde el punto de vista geoeconómico de éste material.

#### **4.6 Población de la investigación**

Sabino, C. (2002) define la población como. “Es 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.

La población de estudio, consta de toda el área del Sector Alto Supamo.

#### **4.7 Muestras de la investigación**

Según, Sabino, C. (2002) “una muestra, en un sentido amplio, no es más que eso, una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo. Una muestra es un conjunto de unidades, una porción del total, que representa la conducta del universo en su conjunto”.

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 fotointerpretación y fotogrametría.

#### **4.8 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).

##### **4.8.1 Técnicas de recolección de datos**

Son las distintas estrategias seguidas por el investigador para obtener y resguardar la información recolectada, tanto en oficina como en campo.

#### **4.8.2 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.

#### **4.9 Instrumentos para recolección de datos**

Los instrumentos son los medios materiales que se emplearon 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.

## **CAPÍTULO V**

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

Para este capítulo se describe las características geológicas de la mina Alto Supamo, conjuntamente con los rasgos tectónicos, con el fin de determinar las unidades geomorfológicas, litología y las estructuras geológicas presentes en el área de estudio.

Esto se realiza mediante el análisis visual de los productos obtenidos y procesados por los programas ArcGIS 10.5 y Global Mapper 17.0.

#### **5.1 Interpretación de la zona, usando imágenes de radar a escala 1:50.000, para la delimitación del drenaje**

De acuerdo a la interpretación satelital, el principal cauce presente en la zona es el río Carichapo, hacia el cual drenan 2 ramales con patrón dentritico, de norte a sur, llegando al cauce principal en el extremo SE del área de estudio. (Figura 5.1) (Anexo 1/3)

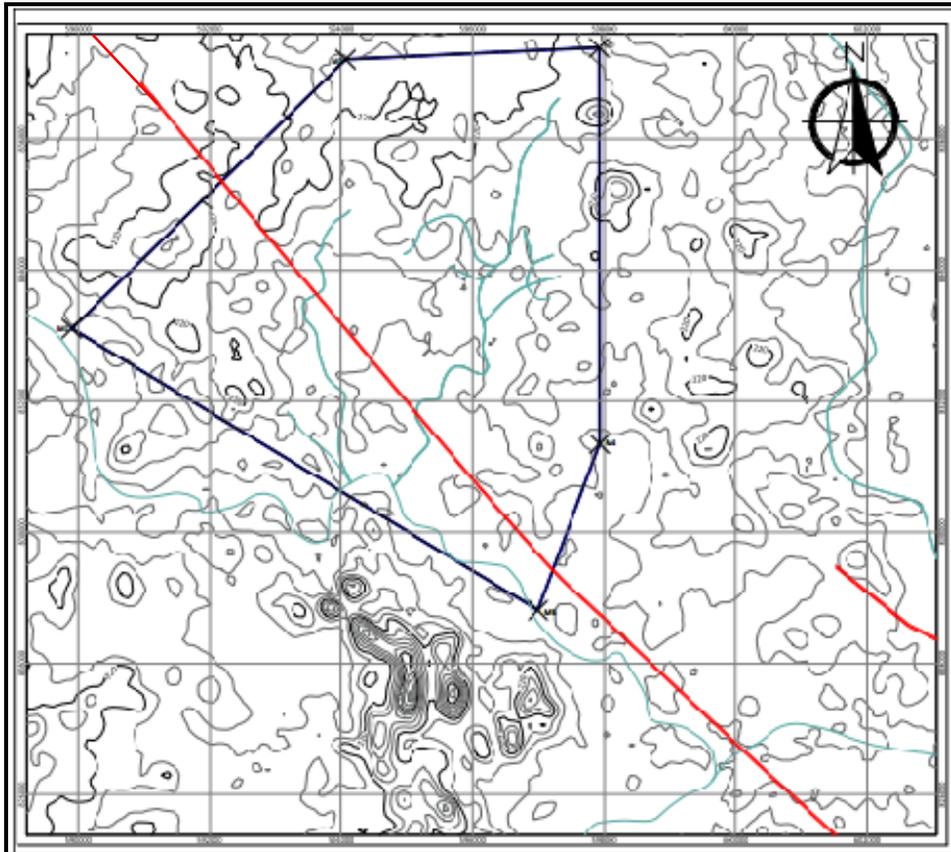


Figura 5. 1 Porción del Mapa de Drenaje, donde se aprecia el trayecto del Rio Carichapo y quebradas afluentes.

## 5.2 Determinar las unidades geológicas y los lineamientos de la zona, usando las técnicas de interpretación

Con base en la combinación de la imagen del proyecto Cartosur y la hoja cartográfica, se pudieron diferenciar estructuras geológicas tales como un sistema pliegues y fallas.

Para identificar los lineamientos locales, se utilizó la ortoimagen de radar 7839, a escala 1:50.000 de Cartosur y la imagen del software Google Earth 2018 los cuales presentan una dirección N15°E y otros N-S. 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 5.2) (Anexo 2/3).

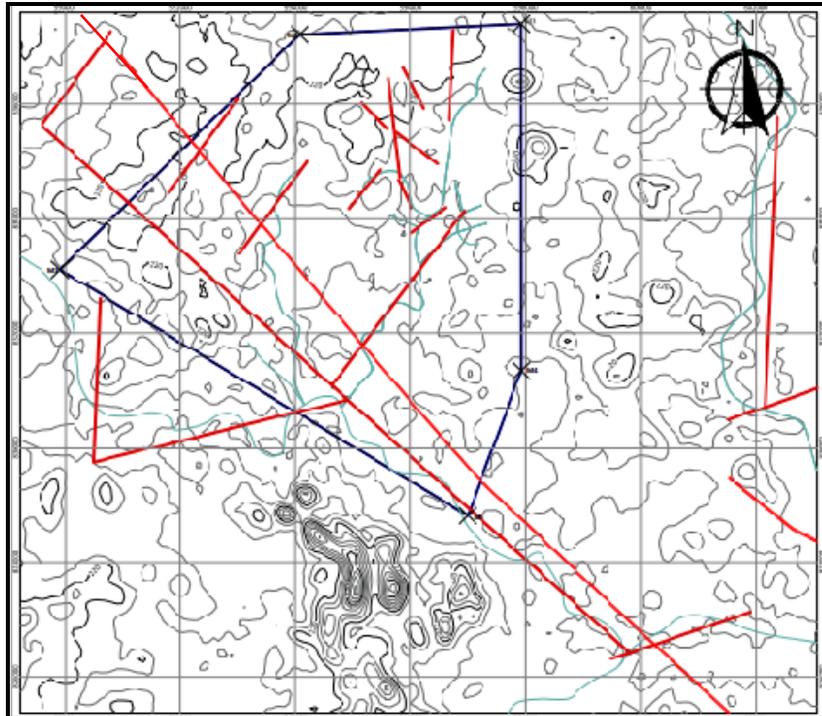


Figura 5. 2 Lineamientos deducidos a partir de la hoja cartográfica 7839.

### **5.3 Descripción de la geomorfología de la zona, mediante la interpretación de imágenes satelitales y la hoja cartográfica correspondiente al sector**

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona corresponde planicies, con pendientes suaves entre 4 % a 8 %, con cotas, por debajo de los 200 m.s.n.m.

### **5.3.1 Unidad de planicie (Pl)**

La unidad de peniplanicie representa el 20 % de la cotas del terreno. Está ubicada en los extremos NE y W de la zona de estudio. Se caracteriza por comprender una gran extensión de terreno que constan de relieves bajos o de mínima altitud de aproximadamente 200 m.s.n.m y pendientes entre 4 % y 8 % . Geologicamente, este relieve se genera tanto en rocas graníticas, como en rocas volcánicas.

### **5.3.2 Unidad de valle (Va)**

El valle concretamente se encuentra situado entre las laderas y las peniplanicies. Posee relieves donde las altitudes varían entre 360 y 400 m.s.n.m aproximadamente y constituye un 15% en la superficie del terreno. En el área de estudio se ubicaron tres (3) valles, dispuestos de forma paralelas, alargados y angostos en la misma dirección del rumbo de las montañas, lo que refleja las influencias tectónicas de carácter regional.

## **5.4 Realizar y analizar el mapa geológico-estructural a escala 1:50.000 de la zona de estudio**

### **5.4.1 Cinturones de rocas verdes (CRV)**

Durante la revisión visual de las imágenes, se ubicaron geográficamente en la parte central. Está presente en el 70 % de la zona, en forma de sabanas, de forma alargada y estrecha, presentan drenaje rectangular controlado por fallas y fracturas.

Sus rasgos son textura rugosa, colores rojo-amarillento y relieve positivo bajo. Generan suelos arcillosos de color rojizo. En el mapa base se denotan con el código CRV.

### **5.4.2 Rocas graníticas**

Este litotipo representa el 20 % de la zona en estudio. Se ubica en los extremo SE, E y SW. Presenta una respuesta reconocible, por un relieve bajo, conforma áreas planas y cubiertas por una vegetación poco densa de sabana, las colinas se presentan en forma cómica y desnuda. Presenta textura lisa, drenaje dendrítico, fracturamiento moderado y su meteorización produce suelos arenosos de color amarillo claro.

En la zona de estudio, las estructuras geológicas han deformado el relieve a tal punto que es difícil separar a los CRV de las rocas graníticas, ya que el intemperismo los ha reducido a planicie, casi con las mismas características. El principal elemento usado para establecer el contacto geológico entre ambas litologías fue el drenaje.

### 5.4.3 Aluviones recientes

Es la litología menos abundante en la zona de estudio, y está relacionada con los cauces de agua. Representa el 10 % del territorio. Constituyen los sedimentos modernos, transportados por los cauces principales. Algunas veces se observan en la imagen, claros, que son causados por explotaciones mineras a orillas de los cauces principales.

Como producto final de esta interpretación, se elaboró un mapa base geológico-estructural, con la ubicación de estructuras, drenajes y dominios litológicos, con la aplicación de técnicas de interpretación de sensores remotos, lográndose reconocer predominantemente tres tipos o dominios litológicos de rocas: cinturones de rocas verdes, rocas graníticas y los aluviones recientes. (Figura 5.3) (Anexo 3/3).

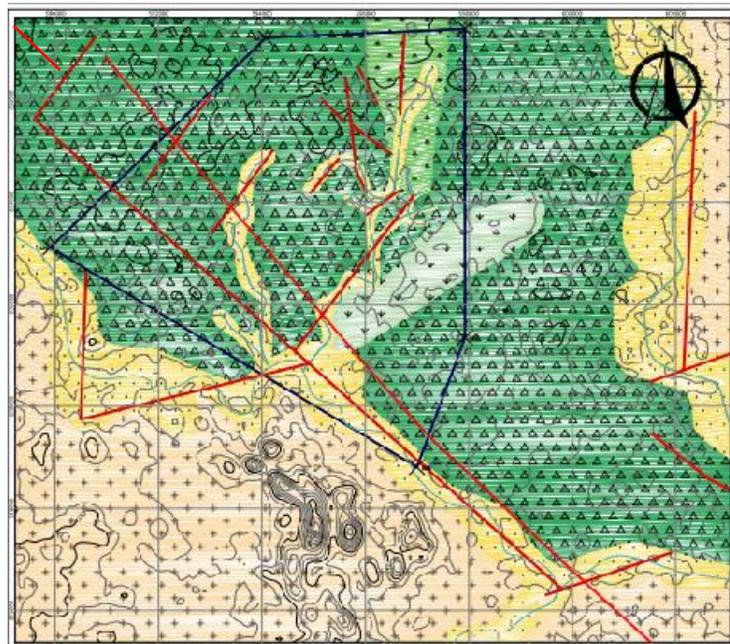


Figura 5. 3 Interpretación de las litologías y los lineamientos presentes al oeste de Guasipati.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Mediante el estudio interpretativo de las imágenes satelitales, se logró determinar tres (3) unidades litológicas en el área de estudio. Estas son: La unidad de rocas graníticas, la unidad de rocas volcánicas, asociadas a CRV y la unidad aluvional.
2. De acuerdo al estudio de los lineamientos interpretados en la imagen satelital, se concluye que la tendencia preferencial de fracturamiento es en dirección N15°E y N-S; la cual coincide con la dirección de la falla de Nacupay.
3. En la zona también se interpretaron plegamientos apretados en los CRV, los cuales fracturan las rocas, haciendo que sean fácilmente erosionables, generando relieves, similares a los generados por las rocas graníticas y dificultando su reconocimiento.
4. El drenaje presente en la zona, está relacionado con la litología sobre el cual desagua. El drenaje que discurre sobre las rocas graníticas es de tipo dendrítico; mientras que el de las rocas volcánicas es de tipo rectangular.
5. Las unidades geológicas presentes en la zona de estudio, se interpretaron de base a tope de la siguiente manera: rocas volcánicas, de la parte intermedia de una secuencia de rocas verdes (CRV). Esta serie de rocas es intrusionada por rocas graníticas ácidas del Complejo de Supamo. Completa la columna, los

sedimentos recientes, formados por la disgregación mecánica y química de las litologías del área y que son arrastradas por los cauces de agua.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda la verificación de la presente interpretación, para mejorar o confirmar las litologías y los contactos geológicos.
2. Realizar geología a detalle en los sitios donde se realicen trabajos mineros actuales o antiguos, para determinar las estructuras y el marco geológico-estructural del área.
3. Realizar un muestreo de cada unidad litológica interpretada, para determinar su mineralogía y su petroquímica.
4. Comparar estos resultados con la bibliografía existente, para establecer correlaciones, ya que en realidad, la zona esta poca explorada.

## REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**. McGraw-Hill Interamericana, S.A. 3era. Edición. Pp 21.

Chuvienco, E. (1990). **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL**. Rialp, S.A. 1ra edición. Pp-451.

C.V.G. Técnica Minera C.A (1989). **INFORME DE AVANCE NC 20-14 Y NB 20-2**, gerencia de proyectos especiales, pp 145-156.

García, Y. (2014) **CONCEPTO DEFINICIÓN**. [http://conceptodefinicion.de/topografía]. 04 de agosto de 2015, 2:45 P.m.

Gómez, A. y Lugo, C. (2013) **INTERPRETACIÓN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO PARAGUA HASTA SU CONFLUENCIA CON EL RÍO ICHÚM, CON LA FINALIDAD DE DETERMINAR LA GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**. Universidad de Oriente, Escuela de ciencias de la tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela; trabajo de grado.

González de Vallejo, L. (2002) **INGENIERIA GEOLOGICA**. Pearson Edición. Madrid, España. pp 203-257.

Google Maps. (2018), **FIND LOCAL BUSINESSES, VIEW MAPS AND GET DRIVING**, (25-08-10), disponible en: <http://www.google/maps/bolivar>.

**IMAGEN SATELITAL.** [ <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>].  
12 de septiembre del 2015, 3:00 Pm.

Iriondo, M. (2007) **INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA.** Brujas. 3era. Edición. Pp 9.

Kalliokoski, J. (1965) Geology of the North Central Guayana SHIELD, Venezuela.V-78. Pp 1027.

Korol, B. (1965). **ESTRATIGRAFÍA DE LA SERIE PASTORA EN LA REGIÓN GUASIPATI-EL DORADO.** Presentado Cong. Cent. Col. Ing. Venez., 1961. Bol. Geol., Caracas, 7(13): 3-17.

Klar, W. (1979). **GEOCHRONONOLOGY OF THE EL MANTECO-GURI AND GUASIPATI AREA VENEZUELA GUAYANA SHIELD.** En: Cleveland and Western Res. Univer.Ph D.-Tesis, Pp. 163.

Martín, C. (1974) **PALEOTECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUEAYANA.** En: Conferencia Geológica Inter.-Guayanas, Puerto. Ordaz, 1972. Memorias Pub.Esp.N6, Pp 251-305.

Mendoza, V. (1972) **GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL RÍO SUAPURE, PARTE NOROCCIDENTAL DEL ESCUDO DE GUAYANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.** Mem, 308-338, IX Conf. Geol. Inter-Guayanas (Ciudad Bolívar).Pp. 73, 78, 84, 85, 95, 97, 98, 101, 102, 104, 142, 144, 160.

Mendoza, V. (2005) **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACION CON EL ESCUDO SUDAMERICANO).** Puerto Ordaz, Venezuela, Pp 21, 49, 52, 73, 78, 84, 85, 95, 97, 98, 101, 102, 104, 142, 144, 160, 162, 223.

Menéndez, A. (1968) **REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE PASTORA SEGÚN EL ESTUDIO DE LA REGIÓN DE**

**GUASIPATI, GUAYANA VENEZOLANA.** Boletín Geologico, Caracas, Pp 309-338.

Menéndez, A. (1994) **CINTURONES DE ROCAS VERDES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA, REVISIÓN ESTRATIGRÁFICA.** En III Simposio Internacional del Oro en Venezuela. I Libro de memorias. Asoc. Venez del Oro, Caracas, Pp 123-139.

MINCA C.A. (1999) **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, PROYECTO DE PEQUEÑA MINERÍA EN EL SECTOR EL PIÑAL.** Las Claritas, Venezuela, Pp 21 – 24.

Reid, A. (1974) **STRATIGRAPHY OF THE TYPE AREA OF THE RORAIMA GROUP,** Venezuela. Conf. Geol. Interguayanans, MEM, Pub.Esp. N6, Pp 343-353.

Rogers J. y Adams J. (1969) **FUNDAMENTOS DE LA GEOLOGÍA.** Barcelona [<http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/ggcap03.htm>]. Pp 56-88

Sardi, J. Briceño, H. y Salazar, E. (1968) **FOTOINTERPRETACIÓN Y CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA, EN ZONAS ADYACENTE A GUAYANA VENEZOLANA.** Boletín sociedad Venezolana de Geólogos. Caracas. P.p 12. 38.

Sidder, G. y Mendoza, V. (1995) **GEOLOGY OF THE VENEZUELA GUAYANA SHIELD AND ITS RELATION CAURA RIVER AREA, BOLÍVAR STATE, VENEZUELA.** En: U.S. Geol..Survey Open-File Rep. N90-231. Pp. 29.

Tarbutck, E. y Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA.** Pearson Educación, S.A. 8va Edición. Pp 291-299.

Teixeira, W.; Tassinari, C. C. G; Szabó, G. A. J.; Mondin, M.; Sato, K.; Santos, A. P.; Siso, C. S. (2000) **ND ISOTOPIC CONSTRAINTS ON THE PROTOLITH AGE OF THE ARCHEAN IMATACA COMPLEX, VENEZUELA.** Venezuela. 31st International Geological Congress. Geological Survey of Brazil. Pp. 35

Thombury, W. (1960) **PRINCIPIOS DE LA GEOMORFOLOGÍA**. Capelusz. 4ta Edición. Pp 1.

U.S Geological Survey And Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera, C.A. (2.002). **GEOLOGY AND MINERAL RESOSOURCE ASSESSMENT OF THE VENEZOLAN GUAYANA SHIELD**. U.S Department of the interior. Boletin 2.062.

Strahler, A. y Strahler, H. (1989) **GEOGRAFÍA FÍSICA**. Ediciones Omega S.A. 3ra Edición. Pp-621.

Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005) **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Pearson Educación, S.A. 8va Edición. Pp 291-299.

Thombury, W. (1960) **PRINCIPIOS DE LA GEOMORFOLOGÍA**. Capelusz. 4ta Edición. Pp 1.

Velázquez, V. (2012) **GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE**., [geogafiaymedioambiente.blogspot.com]. 04 de agosto del 2015, 5:26 Pm.

## **ANEXOS**

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

<b>Título</b>	INTERPRETACIÓN GEOLOGICAY ESTRUCTURAL, USANDO IMÁGENES SATELITALES, DE LA MINA ALTO SUPAMO, LOCALIZADAS AL OESTE DE LA POBLACIÓN GUASIPATI, ESTADO BOLÍVAR.
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
GONZALEZ BASANTA MARILIS DEL VALLE	<b>CVLAC</b>	24.038.687
	<b>e-mail</b>	marilisgonzalez2010@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
LIZARDI ORONoz KARLA JANIDES	<b>CVLAC</b>	25.577.901
	<b>e-mail</b>	karla_lizardi96@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Peniplanicies
Estructuras Geológicas
Mineral oro

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Mapa de Drenaje Alto Supamo	Ubicación Río Carichapo
Geomorfología	Relieves de Planicies

### Resumen (abstract):

---

En el siguiente trabajo se realizó la interpretación geológica y estructural de una zona ubicada al Oeste de la población de Guasipati, estado Bolívar, a través del procesamiento de las imágenes satelitales, la revisión de los mapas geológicos, topográficos y la bibliografía de los trabajos previos. Una vez recopilada y revisada toda la información bibliográfica se procedió a correlacionar estos datos con los resultados obtenidos mediante el procesamiento de las imágenes satelitales y comparar los contactos litológicos, lineamientos estructurales y la morfología del relieve observado, para generar la cartografía geológica.

El procesamiento de las imágenes satelitales tiene como propósito de obtener los mapas, se lleva a cabo mediante la utilización de herramientas tecnológicas como Global Mapper 17.0 y ArcGIS 10.5. Se realizó un análisis de la imagen obtenida para resaltar rasgos fisiográficos, permitiendo interpretar parámetros geológicos y tectónicos en el área de estudio.

El resultado que se obtuvo fue la elaboración de un mapa de drenaje, un mapa de lineamientos y litologías y el mapa geológico-estructural a escala 1:50.000 del área, los cuales presentan un mayor nivel de detalle, con respecto a los mapas de referencia, los contactos litológicos, las estructuras geológicas, morfología del relieve y características de suelo y vegetación, ya que los mapas de referencia están a una menor escala que el producto de esta investigación. La metodología se dividió en tres (3) etapas. La primera etapa es de oficina, en la cual se recolectó la información cartográfica y bibliográfica del área. La segunda etapa fue la interpretación de las imágenes satelitales. La tercera etapa es de discusión de resultados, siendo esta última distribuida entre la elaboración de los diversos mapas y las conclusiones, recomendaciones y redacción del informe final.

---

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Acosta, Enrique	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	5.082.874
	e-mail	Acosta.enrique167@gmail.com
	e-mail	
Ramos, Javier	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	14.145.647
	e-mail	jdramos@udo.edu.ve
	e-mail	
Rivadulla, Rosario	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	3.825.175
	e-mail	rosariorivadulla@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	11	06

Lenguaje Spa

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo
INTERPRETACIÓN GEOLOGICAY ESTRUCTURAL, USANDO IMÁGENES SATELITALES, DE LA MINA ALTO SUPAMO.

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

### Alcance:

**Espacial:** \_\_\_\_\_

**Temporal:** \_\_\_\_\_

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero geólogo

### Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

### Área de Estudio:

Ingeniería Geológica

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

Universidad de Oriente.

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Martínez*

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolanos Curvelo*  
JUAN A. BOLANOS CURVELO  
Secretario



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

JABC/YGC/maruja

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

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

---

**AUTOR**  
**Marilis Gonzalez**  
**C.I.:24.038.687**

---

**AUTOR**  
**Karla Lizardi**  
**C.I.:25.577.901**

---

**TUTOR**  
**Profesor Enrique Acosta**  
**C.I.:5.082.874**