

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



**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL
MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES DE LA
SERRANIA LA CERBATANA, SECTOR SUR, MUNICIPIO
CEDENO. ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES HERNAO ALFONZO JUNIOR ERASMO Y
GARCÍA TERÁN LAURA ANDREINA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO DE 2020



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado, “**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES DE LA SERRANIA LA CERBATANA, SECTOR SUR, MUNICIPIO CEDEÑO. ESTADO BOLÍVAR**“, presentado por los bachilleres **Hernao Alfonso Junior Erasmo** y **García Terán Laura** portadores de la cedula de identidad V-25.567.875 y V- 24.412.383 respectivamente, como requisito parcial para optar al título de Geólogo, ha sido APROBADO de acuerdo los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre y apellido del Prof.:

Firma:

Enrique Acosta

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Profesor Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de
Geología

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela de
Ciencias de La Tierra

Ciudad Bolívar, Enero de 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Teodoro y Ayarit, que me dieron el apoyo, los ánimos y la fuerza para culminar esta etapa, a mis hermanas Vanessa y María, que me acompañaron en este camino haciéndolo un poco más ligero y agradable, dedico este trabajo al universo también, por darme la sabiduría y enseñanzas necesarias para culminar esta gran etapa en mi vida, y por último, me dedico este trabajo a mí, por haber seguido luchando y por no rendirme nunca.

Laura.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Teodoro y Ayarit, y a mis hermanas Vanessa y María, por llenarme de fuerzas, de apoyo y amor incondicional en esta etapa. Agradezco también a mis amigos y compañeros, los que conocí en el camino, en la universidad, y aportaron su granito de arena para mi crecimiento personal y académico, gracias por el apoyo. Agradezco también a mis profesores, por sus enseñanzas, por compartir sus conocimientos, su sabiduría, por darnos lecciones a todos sus estudiantes, por darnos ánimos y apoyo a pesar de la situación, son grandes héroes. Agradezco a mi tutor, Enrique Acosta, por apoyarme en el camino, por sus clases, por sus chistes, sus risas y sobre todo por todas sus enseñanzas, sin duda ha sido un profesor que me marcó y quedará conmigo todo lo que aprendí de él. Agradezco al universo, por darme la fuerza, la sabiduría, por todas las lecciones que me ha dado en este camino, y me agradezco a mí, por haberme mantenido fuerte, por haber logrado la meta, por no rendirme y demostrarme que sí se puede. Gracias.

Laura.

A Dios por darme la bendición y las fuerzas necesarias para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la Universidad de Oriente por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional egresado de esta excelente institución.

Al Profesor Enrique Acosta por su lealtad, amistad, comprensión y disposición permanente e incondicional en aclarar las dudas y por sus importantes sugerencias en la redacción del trabajo de grado y la preparación del mismo.

A cada uno de los excelentes profesores que integran esta Universidad aquellos que nos educaron y formaron como futuros profesionales.

Agradezco a todas y cada una de las personas que permanecieron a mi lado con sus bendiciones, amor y alegría.

GRACIAS

Alfonzo.

RESUMEN

Se realizó una interpretación geológica y estructural del Sector Sur de la Serranía de la Cerbatana, ubicada a 38 Km. al Este de los Pijiguaos, municipio Cedeño del estado Bolívar, a través del procesamiento de las imágenes satelitales, la revisión de los mapas geológicos, topográficos y la bibliografía de los trabajos previos. La metodología empleada fue de diseño documental y se organizó en 4 etapas. La primera fue el trabajo de oficina, donde se recopilaron tanto la información bibliográfica, como cartográfica. Entre la cartografía digital revisada, se tomó como base la hoja cartográfica NB-19-8 a escala 1:250.000, la hoja 6935-IV a escala 1:25.000, también se utilizó la imagen de Google Earth. Para la digitalización del mapa geológico-estructural se utilizaron las herramientas tecnológicas; Global Mapper 17.0, AUTOCAD 2016, con la elaboración del mapa topográfico como resultado de esta primera etapa. La segunda etapa fue la interpretación de varias imágenes de sensores y de satélites, a diferentes escalas, para la obtención de mapas preliminares de las estructuras geológicas, geomorfológicos, drenajes y el modelo digital de elevación (MDE). 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 el relieve observado para generar la cartografía geológica y los mapas definitivos. El resultado que se obtuvo fue la elaboración de un mapa geológico-estructural a escala 1:10.000 del área, el mapa de drenaje, un mapa geomorfológico, los cuales presentan un mayor nivel de detalle, con respecto a los mapas de referencia.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE ANEXOS	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	17
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	17
1.1 Situación objeto de estudio	17
1.2 Objetivo general	18
1.2.1 Objetivos específicos	18
1.3 Justificación de la investigación	18
1.4 Alcance de la investigación.....	19
1.5 Limitaciones de la investigación.....	19
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	20
GENERALIDADES.....	20
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	20
2.2 Acceso al área de estudio	21
2.3 Características físicas y naturales del área de estudio.....	22
2.3.1 Clima.....	22
2.3.2 Suelos.....	23
2.3.3 Geomorfología	24
Corresponde a un plateau de altura media (600 msnm-800 msnm) de topografía muy quebrada con pendientes entre 16% y 30% con moderado grado de disección el cual origina entallamientos profundos. Esta superficie de erosión o planación, ha evolucionado a partir de un sustrato geológico constituido por rocas graníticas, en el área de la Cerbatana la roca madre es un granito fino rico en cuarzo cuya meteorización ha originado un extenso y grueso manto laterítico.	24

2.4 Vegetación	25
La Serranía de la Cerbatana, presenta una vegetación muy uniforme, puesto que en la mayor parte de la zona es ocupada por bosque en paisaje de Plateau. Según informe de avance de la hoja NB-19-8 del Proyecto Inventario de Recursos naturales (1988), está representado por un conjunto arbóreo para el estrato superior, comprendido entre 15 m y 25 m correspondiendo a la clasificación de bosque medio denso superior a 75% de cobertura. Estos bosques alcanzan su mayor expresión en las laderas, encontrándose árboles de buen desarrollo diamétrico y superiores a 30 m de altura.....	25
2.5 Geología regional	26
2.5.1 Provincia Geológica de Cuchivero	27
2.6 Geología Local	31
2.6.1 Granitos rapakivi de El Parguaza.....	31
2.6.2 Unidad de coluviones.....	32
2.6.3 Unidad de aluviones.....	32
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	33
MARCO TEÓRICO	33
3.1 Antecedentes de la investigación	33
3.2 Definición de términos básicos	34
3.2.1 Sensores remotos	35
3.2.2 Teledetección o percepción remota	35
3.2.3 Interpretación	36
3.2.4 Criterios para la interpretación visual	36
3.3 Definición de términos básicos	38
3.3.1 Geología.....	38
3.3.2 Geomorfología	38
3.3.3 Topografía.....	38
3.3.4 Tectónica.....	39
3.3.5 Relieve	39
3.3.6 Buzamiento	40
3.3.7 Rumbo.....	40
3.3.8 Azimut	40
3.3.9 Estructuras geológicas	41
3.3.10 Fallas	41
3.3.11 Erosión	41
3.3.12 Patrón espacial	41
3.3.13 Forma-tamaño	42
3.3.14 Imagen satelital	42
3.3.15 Imágenes de radar	42
3.3.16 Mapa geológico.....	43
3.3.17 Mapa estructural	43
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	45

METODOLOGÍA DE TRABAJO	45
4.1 Tipo de investigación	45
4.1.1 Investigación descriptiva	45
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. (Sabino, C. 2002).	45
4.1.2 Investigación exploratoria.....	45
4.2 Diseño de la investigación	46
4.2.1 Investigación documental	46
4.3 Etapa de la investigación.....	46
4.3.1 Etapa I. Recopilación de la información.....	47
4.3.3 Etapa III. Interpretación de los resultados	49
4.3.4 Redacción del informe final.....	50
4.4 Población de la investigación.....	50
4.5 Muestra de la investigación.....	51
4.6 Técnicas e instrumentos para recolección de datos	51
4.6.1 Técnicas para la recolección de datos.....	51
4.6.2 Instrumentos para recolección de datos	52
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	54
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	54
5.1 Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área, a través de la interpretación visual de la imagen satelital Google Earth y la hoja cartográfica	54
5.2 Distribución de las unidades geomorfológicas y el patrón de drenaje, del área de estudio a través de la realización del análisis visual	55
5.2.1 Distribución de las unidades geomorfológicas	55
5.2.2 Patrón de drenaje	58
5.3 Modelo digital de elevación del área, utilizando el software GLOBAL MAPPER, para la observación tridimensional (3D) del relieve presente en la zona de estudio	59
5.4 Generación del mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio, utilizando el “software” ArcGIS® 9.1; donde se muestren las características geomorfológicas, topográficas e hidrológicas.....	61
5.4.1 Unidad granítica rapakivi de El Parguaza.....	62
5.4.2 Unidad de coluviones.....	63
5.4.3 Unidad de aluviones.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
Conclusiones	64
Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS	67

ANEXOS..... 69

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del Fundo El Potrero en la imagen satelital Google Earth, 2016.	6
2.2 Trocha o vía de tierra usadas para acceder al afloramiento Cerro El Toro y vehículo rustico utilizado para los desplazamientos en el área de estudio.	8
2.3 Porción de la imagen satelital, en 3D, correspondiente al sector El Potrero.	17
2.4 Relieve de montañas bajas, correspondiente al Cerro El Toro.	17
2.5 Provincias litotectónicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. y otros. 1977).	20
2.6 Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar (Simplificado por Ascanio, G. 1975).	22
4.1 Flujograma de trabajo.	41
4.2 Porción de la hoja NC-20-2. Nótese el enjambre de diques de diabasas, ubicados al este de la zona de estudio.	43
4.3 Mediciones de fracturas cerca del Cerro El Toro.	44
4.4 Arranque por percusión de fragmentos de rocas para las muestras del Cerro El Toro.	45
4.5 Descripción macroscópica de una muestra de diabasa recolectada del Cerro El Toro.	46
5.1 Mapa topográfico base de la zona correspondiente al Cerro El Toro.	55
5.2 Parte de un afloramiento de gneis granítico, muy alterado.	56
5.3 Fotomicrografía con nicoles cruzados de la muestra M-1.	58
5.4 Fotomicrografía con nicoles paralelos de la muestra M-1.	59
5.5 Fotomicrografía con nicoles cruzados de la muestra M-2.	61
5.6 Fotomicrografía con nicoles paralelos de la muestra M-2.	61

5.7 Grafica de álcalis Vs Sílice, usando los valores determinados en muestras del Cerro El Toro.	65
5.8 Diagrama de Miyashiro, para 4 muestras del Cerro El Toro.	67
5.9 Relación FeO vs TiO ₂ , mostrando el grado de diferenciación de las diabasas presentes en el Cerro El Toro.	68
5.10 Mapa geológico-estructural del Cerro El Toro y zonas aledañas.	69
5.11 Diagrama de rozetas.	71
5.12 Vista en 3D del programa Global Mapper 13.0, utilizado para la delimitación y cálculo del Cerro El Toro.	72
5.13 Meteorización esferoidal (forma de cebolla) de las rocas máficas presentes en el Fundo El Potrero. Si existieran microfracturas, la destrucción de los granos seria en forma de irregular.	74

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas UTM correspondiente a la zona de estudio.....	7
2.2 Precipitación media mensual y anual (mm) (IAMIB, 2012).	9
2.3 Evaporación media mensual y anual (mm) (IAMIB, 2012).	10
2.4 Temperatura media, máxima y mínima (°C). Estación Caroní (Macagua).....	11
2.5 Temperatura media, máxima y mínima (°C). Estación Las Babas (Guri).	11
2.6. Radiación solar media mensual y anual (Cal/cm ² día)	12
2.7 Insolación mensual y anual (Horas).....	12
2.8 Calores medios mensuales de humedad relativa.....	13
2.9 Velocidad del Viento Media Mensual y Anual (Km/h).....	13
2.10 Frecuencia y Velocidad Media (km/h) de las Direcciones Del Viento. Estación Caroní (IAMIB, 2012).....	14
5.1 Estaciones geológicas marcadas en el Fundo El Potrero y puntos cercanos al afloramiento Cerro El Toro.	53
5.2 Coordenadas de las muestras recolectadas	55
5.3 Descripción macroscópica de las muestras del Cerro El Toro.	57
5.4 Porcentajes de abundancia mineralógico de la muestra M-1.....	59
5.5 Análisis petrográfico de la muestra M-2.....	62
5.6 Determinaciones analíticas de los elementos mayoritarios en muestras de diabasa, en roca total del Cerro El Toro.	63
5.7 Valores normalizados de los elementos mayoritarios en muestras de roca total del Cerro El Toro.	64
5.8 Valores de la suma de álcalis (Na ₂ O +K ₂ O) y de SiO ₂	65
5.9 Cálculos de la relación FeO/MgO y los valores de sílice.	66
5.10 Mediciones de fracturas del Cerro El Toro y zonas aledañas.....	70
5.11 Cálculos volumétricos del Cerro El Toro.	73

LISTA DE ANEXOS

1. MAPA GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DE LA SERRANÍA LA CERBATANA,
SECTOR SUR

INTRODUCCIÓN

Venezuela es un país de oportunidades. Sus inherentes recursos naturales, renovables y no renovables, su conveniente posición geográfica en América del Sur, su baja densidad de población y la capacidad de sus habitantes lo sitúan como un país privilegiado.

La necesidad que se ha generado a nivel mundial de obtener yacimientos con mineralizaciones rentables a nivel económico, conduce a realizar esfuerzos en ubicar nuevos frentes de explotación, así como expandir sus estudios geoexploratorios en búsqueda de nuevos yacimientos que se encuentren preferiblemente en las adyacencias de la serranía La cerbatana, sector Sur.

Con la finalidad de establecer las bases de una interpretación geológica y geomorfológica, en un área poco accesible y de gran extensión, se ha optado por el estudio a distancia de aquellas zonas que se creen favorables para algún propósito en particular, en este caso la teledetección, se ha convertido en una opción favorable para la ejecución de grandes proyectos.

La prospección de la posible mineralización fue realizada a través de técnicas empleadas en teledetección basadas en la interpretación, la cual nos va a permitir examinar, interpretar y deducir objetos a través del reconocimiento y análisis de las expresiones del terreno.

El siguiente trabajo de investigación fue elaborado con la finalidad de evaluar geológicamente los afloramientos rocosos situado en la Serranía La Cerbatana, sector Sur, municipio Cedeño del estado Bolívar, con el objetivo de determinar su potencial y de esta manera aportar información sobre dicha zona y sobre las rocas allí

existentes. El área estudiada está enmarcada dentro sectores de planación de la Provincia Geológica de Cuchivero, en la zona denominada La Cerbatana, sector Sur donde por condiciones de altitud, topografía y vegetación, similares al depósito de bauxita de los Pijiguaos, se presume la existencia de bauxita comercialmente explotable.

La presente investigación está estructurada en cinco capítulos ordenados de la siguiente manera: capítulo I correspondiente a la situación a investigar donde se desarrolla el objetivo general y los objetivos específicos, la justificación, limitaciones y alcance de la investigación. El capítulo II muestra las generalidades del área estudiada, entre ella la ubicación y el acceso, las condiciones físico-naturales y la geología regional. El capítulo III está referido al marco teórico, aspectos generales relacionados al estudio y las bases teóricas. En el capítulo IV se describe la metodología empleada en el presente trabajo. El capítulo V corresponde al análisis e interpretación de los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

El proyecto nace debido a la necesidad de inventariar las grandes cadenas montañosas de afloramientos ubicados al Oeste del estado Bolívar, con la intención de conocer la diversidad de rocas presentes, e identificar cuerpos rocosos que puedan soportar un aprovechamiento racional con fines económicos.

El Escudo Guayanes es una zona extensa y abarca una gran parte del sur del territorio nacional; sin embargo es una zona de difícil acceso, estas dos características la hacen ideal para su prospección mediante el análisis de imágenes multiespectrales; y con ayuda de éstas realizar estudios sobre la geomorfología, y composición superficial de la zona suroeste del Escudo Guayanes.

El objetivo general de este estudio es caracterizar la geología de una parte del noreste del macizo guayanés, mediante la integración de datos bibliográficos y la información obtenida mediante el análisis e interpretación de imágenes satelitales y hojas topográficas.

Pocos estudios han sido realizados en Venezuela mediante la utilización de imágenes satelitales; por esta razón mediante la interpretación de estas imágenes en sus diferentes combinaciones, se podrán resaltar aspectos estructurales, morfológicos; y a través de la interpretación, podemos delimitar zonas con características similares.

1.2 Objetivo general

Interpretar geológica y estructuralmente mediante el uso de imágenes satelitales, la Serranía La Cerbatana, sector Sur, municipio Cedeño. Estado Bolívar.

1.2.1 Objetivos específicos

1. Identificar las estructuras geológicas presentes en el área, a través de la interpretación visual de la imagen satelital Google Earth y la hoja cartográfica.
2. Determinar la distribución de las unidades geomorfológicas ubicadas dentro del área de estudio, el patrón de drenaje y la litología, a través de la realización del análisis geomorfológico de la zona
3. Realizar el modelo digital de elevación del área, utilizando el software GLOBAL MAPPER, para la observación tridimensional (3D) del relieve presente en la zona de estudio.
4. Generar un mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio, utilizando el “software” ArcGIS® 9.1; donde se muestren las características geomorfológicas, topográficas e hidrológicas.

1.3 Justificación de la investigación

La elaboración de la presente investigación se justifica, porque permitió obtener una serie de datos que van a ser utilizados para complementar la información geológica existente de los afloramientos rocosos. La exploración mediante sensores remotos es mucho más económica.

1.4 Alcance de la investigación

Este tema está motivado a proporcionar información referida a una interpretación geológica de los afloramientos rocoso, ubicado en la serranía La Cerbatana, sector Sur, usando la tecnología satelital.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. La primera limitación fue la adquisición de las imágenes satelitales, ya que no están disponibles en el mercado.
2. Los programas utilizados para el procesamiento de las imágenes no son de fácil acceso, por lo que hay que buscar a una persona experta en el manejo de estos software.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El área de estudio abarca una parte de la Serranía de La Cerbatana, específicamente la zona denominada La Cerbatana Sur, ubicada a 38 Km. al Este de los Pijiguaos a unos 60 Km. aproximadamente del Campamento de CVG BAUXILUM – Los Pijiguaos, en el Municipio General Manuel Cedeño, Estado Bolívar (Figura 2.1 y Tablas 2.1 y 2.2).

Geográficamente abarca un área de 112 km² aproximadamente

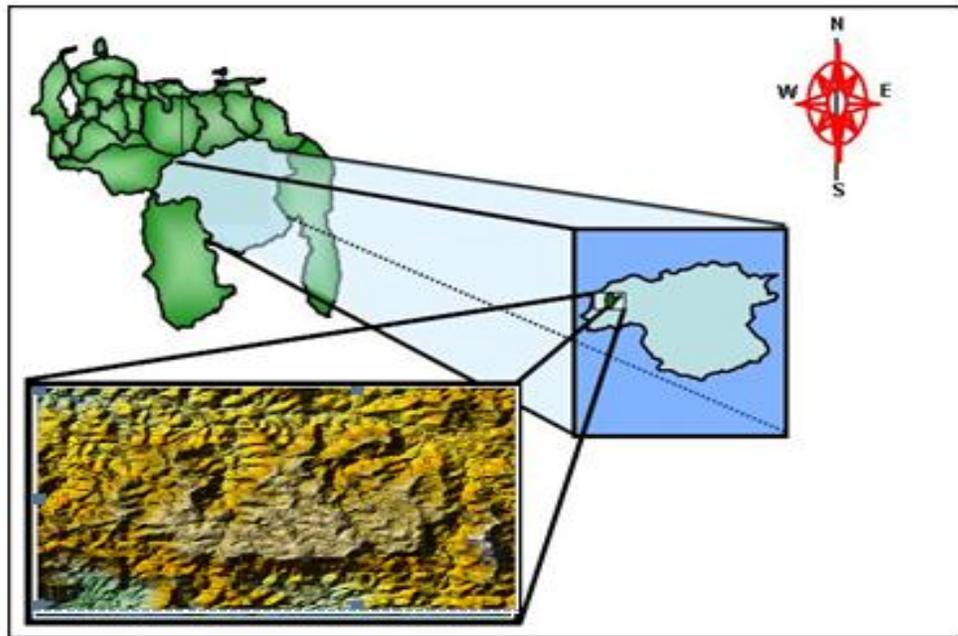


Figura 2.1 Ubicación espacial del área de estudio

Tabla 2.1 Ubicación de las coordenadas UTM Regven del áreas de estudio.

PUNTOS	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
1	778.000.00	723.000,00
2	778.000.00	731.000.00
3	792.000.00	731.000.00
4	792.000.00	723.000,00

Tabla 2.2 Referencias cartográficas del área de estudio

Tipo de Mapa	Referencia Cartográfica
Mapa Geológico (TECMIN): 1:250 000	NB-19-8
Imagen de Radar: 1:25 000	6935-IV

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio, se realiza por vía terrestre desde Ciudad Bolívar a través de la carretera nacional Troncal, que comunica a la población de Caicara Orinoco con Puerto Ayacucho. Por vía aérea a través del caserío de Trapichote, el cual cuenta con una pista de aterrizaje de 1650 m para aeronaves livianas y un helipuerto.

Por vía fluvial el acceso es posible desde Cabruta o Caicara través del río Orinoco, hasta el puerto de El Jobal.

2.3 Características físicas y naturales del área de estudio

Para realizar la caracterización climática del área de influencia de la presente investigación, se utilizaron los datos de las variables climatológicas registradas por la empresa CVG TECMIN, año 1995.

2.3.1 Clima

El clima que predomina en la zona de estudio es de tipo subtropical húmedo, dividido en una estación lluviosa larga, desde el mes de mayo hasta octubre, otra estación lluviosa corta, desde noviembre hasta diciembre y una estación seca desde el mes de enero hasta abril. La precipitación media oscila entre 1000 mm y 1800 mm (CVG TECMIN, 1995) (Tabla 2.3).

El área recibe una radiación solar, promedio anual, de 370 Cal/cm².día. Los valores más altos se registran en la época de Diciembre a Marzo, disminuyendo en el lapso de Mayo a Agosto (TECMIN, 1995).

Se estima que la dirección, prevaleciente, del viento es en sentido este-noreste (ENE) y la velocidad media varía entre 4 km/h y 10 km/h (CVG TECMIN, 1995).

Tabla 2.3 Características del clima subtropical húmedo (CVG TECMIN, 1995).

Temperatura	28°C
Temperatura mínima media	24 °C
Temperatura máxima media	35 °C
Temperatura mínima media	24 °C
Humedad relativa media anual	79 %
Pluviosidad promedio anual	1002 mm
Precipitación máxima total	1050 mm
Precipitación máxima en los meses Julio – Agosto	738.6 mm

2.3.2 Suelos

Los procesos de meteorización del Grupo Cuchivero dan lugar a suelos rojos sobre un sustrato de rocas granitoides calcodialinas, suelos marrones en las partes donde se depositan mezclas de sales húmicas y férricas; arcillas residuales en aquellas áreas de saturación permanente. Las rocas ácidas en general, tales como granitos, gneises cuarzo-feldespático y riolita, se meteorizan con gran rapidez en un ambiente de clima tropical (CVG TECMIN, 1995).

Los suelos que se han desarrollado en esta zona, son producto de la desintegración, meteorización y erosión de las rocas graníticas que constituyen el basamento ígneo metamórfico predominantemente en el área de estudio originando un suelo de color rojizo. El contenido de carbono orgánico es bajo, reacción fuerte a extremadamente ácida. La capacidad de retención de humedad es muy baja en los primeros estratos del suelo y moderada en profundidad, permeabilidad muy rápida y el drenaje es muy bueno (CVG TECMIN, 1995).

2.3.3 Geomorfología

La geomorfología representa una característica fundamental cuando se tiene el propósito de identificar algunas formas del relieve, y comprende un criterio significativo en el curso de esta investigación, por ende, se ha tomado como fuente de información el estudio realizado por la Corporación Venezolana de Guayana, específicamente Técnica Minera, en el marco del Proyecto Inventario de Recursos Naturales de la Región Guayana en el año 1988.

En la Serranía de La Cerbatana, el área identificada como La Cerbatana Sur presenta una variedad geomorfológica representada principalmente por Plateau medio, muy quebrado y moderadamente disectado abarcando alrededor del 75%; presenta además una porción de montañas bajas, muy escarpadas en una proporción cercana al 15% también se distingue un tramo de Plateau alto, escarpado muy disectado. (C.V.G TECMIN 1988).

2.3.3.1 Plateau medio, muy quebrado, moderadamente disectado

Corresponde a un plateau de altura media (600 msnm-800 msnm) de topografía muy quebrada con pendientes entre 16% y 30% con moderado grado de disección el cual origina entallamientos profundos. Esta superficie de erosión o planación, ha evolucionado a partir de un sustrato geológico constituido por rocas graníticas, en el área de la Cerbatana la roca madre es un granito fino rico en cuarzo cuya meteorización ha originado un extenso y grueso manto laterítico.

El área presenta una topografía irregular con relieves de lomas, mesetas y vegas. Las lomas son los relieves predominantes y poseen desniveles que van de 20 a 100 metros y en las más entalladas tienen la particularidad de poseer topes amplios y uniformes de 200 metros y más. Las mesetas corresponden a relieves más elevados

que modelan los interfluvios y las menos ponderantes entre las determinadas en este plateau. En las mesetas, el manto laterítico es más grueso, algunos bloques presentan arenas de granos gruesos, cementados con arcilla y óxido de hierro.

2.3.3.2 Plateau alto, escarpado muy disectado

La unidad se caracteriza por su elevación la cual sobrepasa los (800 msnm – 1200 msnm); las pendientes que varían entre 30% y 60% y el grado de disección muy fuerte controlado por la tectónica y la geología estructural del área, el drenaje posee un patrón paralelo a rectangular de densidad media. Representa restos de una superficie de erosión sometidas a procesos tanto tectónicos como erosivos. Dentro de los tectónicos están los levantamientos ocurridos durante el Cenozoico, los erosivos se relacionan con el retroceso de los escarpes.

2.4 Vegetación

La vegetación comprende un criterio significativo en el curso de esta investigación, por el hecho de representar una característica fundamental en el desarrollo de superficies de lateritas bauxíticas, por ende, se ha tomado como fuente de información el estudio realizado por la Corporación Venezolana de Guayana, (1988); específicamente Técnica Minera, en el marco del Proyecto Inventario de Recursos Naturales de la Región Guayana con el propósito de identificar algunas especies de vegetación, y establecer definitivamente su participación en el proceso de bauxitización.

La Serranía de la Cerbatana, presenta una vegetación muy uniforme, puesto que en la mayor parte de la zona es ocupada por bosque en paisaje de Plateau. Según informe de avance de la hoja NB-19-8 del Proyecto Inventario de Recursos naturales (1988), está representado por un conjunto arbóreo para el estrato superior,

comprendido entre 15 m y 25 m correspondiendo a la clasificación de bosque medio denso superior a 75% de cobertura. Estos bosques alcanzan su mayor expresión en las laderas, encontrándose árboles de buen desarrollo diamétrico y superiores a 30 m de altura.

La zona en estudio, identificada como La Cerbatana Sur, refleja una continuidad, conservando el mismo tipo de vegetación que se desarrolla en la parte norte de la serranía, representada por bosque de paisaje de Plateau. La Serranía de la Cerbatana, no presenta cambios significativos a lo largo de toda su extensión, manteniendo una densidad de vegetación de alrededor del 75% y entre 15 m y 20 m de altura. (C.V.G - Tecmin 1988).

2.5 Geología regional

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

Petrográficamente, la provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico; Pastora a los cinturones de rocas verdes; Cuchivero a las grandes extensiones de granitos orogénicos y post-orogénicos y Roraima a la cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a la Provincia de Pastora o Cuchivero. Mendoza (1974), citado en (Mendoza, V. 2005).

2.5.1 Provincia Geológica de Cuchivero

Parece extenderse hacia el sur-sureste en el estado Amazonas, formando gran parte de las rocas del no diferenciado Proterozoico, según Sidder, W y Mendoza, V. (1995), en Mendoza, V. (2000) y continua en Brasil como parte de la Provincia Ventuari-Tapajós (Figura 2.2).

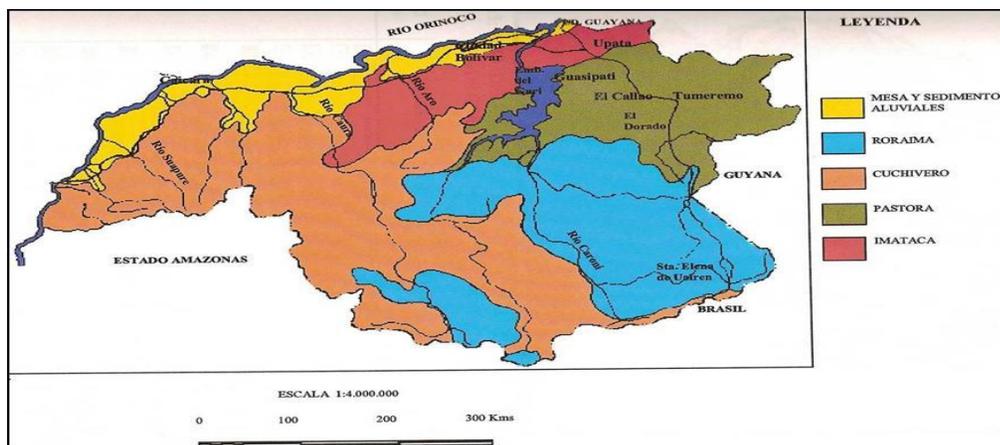


Figura 2.2 Provincias Geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V., 2000).

La Provincia Geológica Cuchivero incluye rocas volcánicas, riolíticas y asociadas, comagmáticas con granitos calcoalcalinos de la Asociación Cuchivero, areniscas, conglomerados, limolitas, tobas y lutitas del Grupo Roraima; sills, diques, apófisis, stocks de rocas diabásicas-gabronoriticas cuarcíferas de la Asociación Avanavero, el Granito Rapakivi de El Parguaza y complejos alcalinos como el de La Churuata y rocas asociadas, así como intrusiones de Carbonatita de Cerro Impacto, lámprofiros y kimberlitas eclogíticas de Guaniamo (Mendoza, V. 2000).

En general, la Provincia Cuchivero equivale o forma parte de la Provincia Ventuari-Tapajós que ocupa una porción occidental del Cratón Amazónico y está formada por una serie de arcos magmáticos de edad 1.98 – 1.88 Ga. Y que se caracteriza por un marcado “trend” tectónico NW – SE desde los ríos Cuchivero – Ventuari hasta el río Tapajós y consiste esencialmente de roca granitoide

calcoalcalinas (Tassinari y otros, 2.000) y su basamento en el sur del Escudo de Guayana en Venezuela son gneises y migmatitas tonalíticos, similares a las de los Complejos de Supamo (Mendoza, V. 2000).

2.5.1.1 Superasociación Cedeño la Superasociación Cedeño está formada por: la Asociación Cuchivero y Suapure, las cuales están separadas entre sí por metabasitas, y discordantemente sobre la Asociación Cedeño yacen rocas sedimentarias del Grupo Roraima (Figura 2.3) (Mendoza, V. 2000).

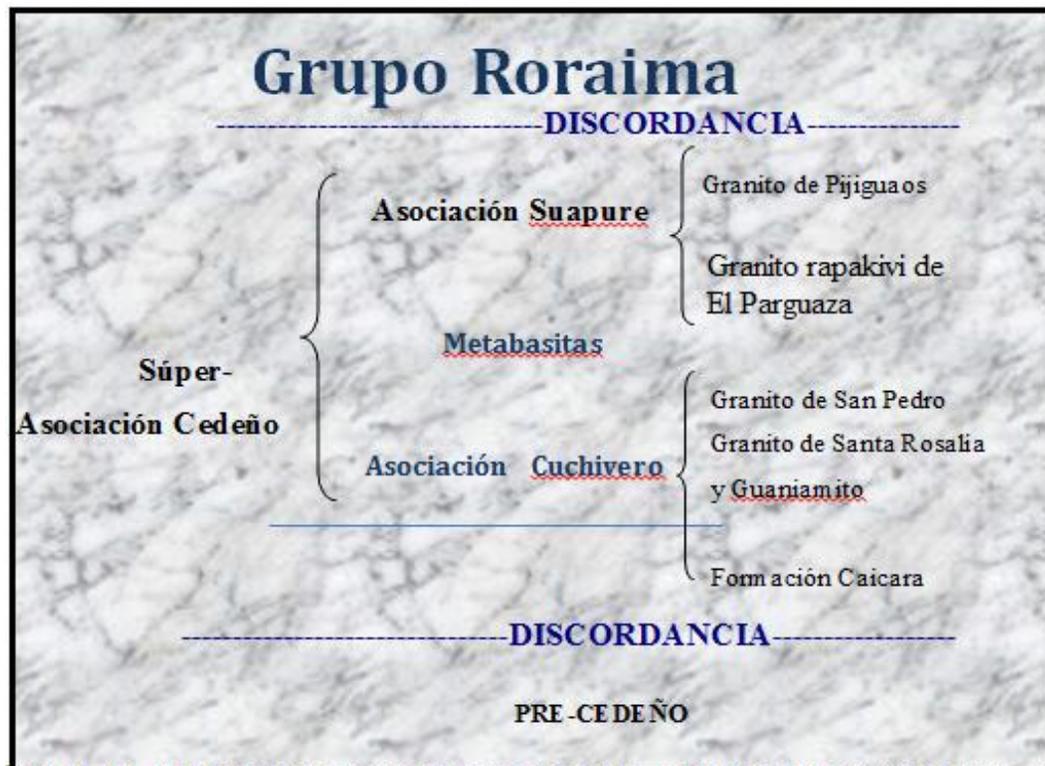


Figura 2.3 Unidades litodémicas de la Provincia de Cuchivero (Mendoza V. 2000).

La Asociación Cuchivero definida por Ríos (1972) como Grupo Cuchivero, ahora denominado por Mendoza, V. (2005) como Asociación Cuchivero, compuesta por: Volcánicas de Caicara, Granito de Santa Rosalía, Granito de San Pedro y metabasitas de Guaniamito.

- ✓ Volcánicas de Caicara definida por Ríos (1969) como Formación Caicara, ahora Volcánicas de Caicara, Mendoza (1975) la describe en mayor detalle en Chivapure, río Suapure, donde Litológicamente se compone de ignimbritas, tobas de cenizas, brechas y cantidades menores de lavas, obsidianas y domos riolíticos, con cantidades muy subordinadas de otras rocas volcánicas de composición dacítica, andesitita y aún basálticas, todas ellas de afinidad calcoalcalinas. Las rocas exhiben texturas vitroclásticas y eutaxíticas, incluyendo esqueletos desvitrificados de vidrio y fragmentos colapsados de pumitas. La mayoría de estas rocas muestran composición química de riolitas (Mendoza, V. 2005).

Las rocas Volcánicas de Caicara están en contacto de falla e intrusivo (aparecen como xenolitos) en rocas comagmáticas de los Granitos de San Pedro y Santa Rosalía en la zona del río Suapure y con el Granito de Guaniamito en el Caño Guaniamito (Mendoza, V. 2005).

- ✓ Granito de Santa Rosalía: 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 km² (Mendoza, V. 2005).

El Granito de Santa Rosalía se caracteriza por ser plutónico, de grano medio a grueso, aproximadamente equigranular, con biotita, escasa a ausente hornblenda. La edad de los granitos de Santa Rosalía y San Pedro es de 1.888±88 Ma (Mendoza, V. 2005).

- ✓ Granito de San Pedro: aflora cerca del paso (puente) de San Pedro en el río Suapure. Es un granito aláskitico, subvolcánico, de grano fino, facies del Granito de Santa Rosalía. Tiene características similares al Granito de Santa Rosalía y el Granito de Guaniamito. Todas estas rocas son masivas a foliadas. Mineralógicamente se

componen de feldespato potásico (40%-60%), plagioclasa albita a oligoclasa (10%-40%), cuarzo (10%-40%), biotita (1%-10%), hornblenda (<0.5% a 8%) y minerales accesorios (Mendoza, V. 2005).

2.5.1.2 Asociación Suapure Mendoza, V. (1974) definió al Grupo Suapure, ahora modificado por Mendoza, V. (2005) como Asociación Suapure, como compuesto por el Granito de Pijiguaos y el Granito Rapakivi de El Parguaza, excelentemente expuestos en los Domos de Los Pijiguaos, a pocos kilómetros al oeste del río Suapure, paso (puente) de San Pedro. Estudios posteriores (Mendoza y otros, 1977) indicaron que el Grupo Suapure lo constituyen el Granito Rapakivi de El Parguaza y todas sus facies, subvolcánicas como el Granito de Pijiguaos, los pórfidos riódacíticos del Guayapo, hipoabisal o de profundidad intermedia como la Granodiorita del Sipapo, plutónicas como cuarzo – sienitas y anortositas (δ) a rocas muy cercanas al manto como bauchitas. Luego se incluyó por su edad y composición mineralógica en la Asociación Suapure al Granito de Guaniamito.

- ✓ Granito de El Parguaza este nombre fue propuesto por Mc Candless (1966), en Mendoza, V. 2000; para designar a un granito gruesamente porfirítico que muestra una textura Rapakivi, rico en feldespato potásico, expuesto desde Puerto Páez hasta Los Pijiguaos y cuyos mejores afloramientos se hallan en el salto Maracas del río Parguaza, en las montañas de El Tigre y en los domos de Pijiguaos (Mendoza, V. 2005).

Este granito es una roca de grano muy grueso, inequigranular, maciza, con textura Rapakivi, tipo wiborguita, con abundante feldespato potásico, oligoclasa, cuarzo, biotita y hornblenda (Mendoza, V. 2000).

El granito de El Parguaza es atectónico o post tectónico, ya que no se observa foliación ni alineación alguna. En cuanto a la edad de este granito, se hicieron determinaciones por el método Rb/Sr (roca total isocrón) que indicaron valores próximos a los 1500 Ma (Hurley y otros., 1973 en Mendoza, V. 2005).

2.5.1.3 Niveles de altoplanación

Al menos seis niveles de altoplanación se registran en la Guayana Venezolana, que de más a menos elevados son los siguientes: (Mendoza, V.2012).

1. Nivel Auyantepuy, de 2.000 a 2.900 m.s.n.m (Posiblemente el nivel más alto sea el techo del Duida – Marahuaca con 3.300 – 3.400 m.s.n.m.)
2. Nivel Kamarata-Pacaraima de 1.200 a 900 m.s.n.m.
3. Nivel Imataca-Nuria-Cerro Bolívar-Los Pijiguaos, de 600 a 800 m.s.n.m.
4. Nivel Caroni-Aro-El Pao de 450 a 200 m.s.n.m.
5. Nivel Mesa-Guiria-Llanos de 80 a 150 m.s.n.m.
6. Nivel Delta del Orinoco de 0 a 50 m.s.n.m.

2.6 Geología Local

De acuerdo con la interpretación de la imagen hoja 6935-IV, a escala 1: 50.000; se interpretaron tres (3) unidades geológicas, las cuales están íntimamente relacionadas. Estas son la unidad granítica rapakivi de El Parguaza, la unidad de coluviones y la unidad de aluviones.

2.6.1 Granitos rapakivi de El Parguaza

La Serranía de la Cerbatana, ubicada al Este de los Pijiguaos, se encuentra bajo el dominio de rocas graníticas ácidas, denominadas como el granito rapakivi de El Parguaza, que abarca en su totalidad la zona de estudio y se caracteriza por

presentar las mayores elevaciones. Una de las características más resaltantes de esta unidad, es que forma topes planos amesetados.

2.6.2 Unidad de coluviones

Se forman por la meteorización de las rocas graníticas, así como también el desmembramiento de las altiplanicies por efecto de la erosión y la gravedad. Forman relieves quebrados y muy accidentados, debido a los fracturamientos y a las caudalosas lluvias de la zona.

2.6.3 Unidad de aluviones

En esta unidad se hallan las menores altitudes, con cotas inferiores a 480 msnm. Se forman por los depósitos de sedimentos residuales provenientes de la meteorización de las partes altas, que luego son transportados por el Rio Marieta, ubicado al norte de la zona de estudio y sus quebradas tributarias.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Consiste en la búsqueda, recolección y estudio de trabajos previos y la documentación cartográfica y geológica existente, para tener un mejor conocimiento de la zona de estudio, tal como:

C.V.G. TECNICA MINERA C.A (1988), realizó un mapa en base a la INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LAS HOJAS NB-19-3, 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. La presente investigación busca actualizar y trabajar más a detalle, usando las imágenes satelitales modernas.

Mendoza, V. (2000) introdujo el concepto de Supergrupo Cedeño para dos grandes grupos de rocas graníticas, aflorantes en el área del río Suapure.

Cada uno de estos grupos presenta trenes estructurales y geoquímicos, caracteres petrográficos, edades radiométricas y relaciones isotópicas Sr87/ Sr86 iniciales, muy diferentes. En efecto, el Supergrupo Cedeño está integrado por el Grupo Cuchivero y el Grupo Suapure los cuales están separados por metabasitas. El Grupo Cuchivero está constituido por la Formación Caicara (volcánicas y piroclásticas ácidas) y por los granitos leucocráticos de Santa Rosalía y San Pedro (levemente foliados).

Alvares, O. y Gutiérrez, G. (2008) realizaron la **REVISIÓN GEOLÓGICA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ENTRE LA SIERRA DE LOS MOTILONES Y JUAN MANUEL DE AGUAS CLARAS, ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ**. El objetivo de esta investigación fue generar información de gran utilidad para la elaboración de modelos geológicos de probables yacimiento, logrando de esta manera un aumento en el grado de confiabilidad de dichos modelos. De esta investigación se asimilaron algunas técnicas de interpretación y fotogrametría.

González, A. y Millán, Y. (2009) realizaron la **REVISIÓN E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE UNA ZONA AL ESTE DE PUERTO AYACUCHO, ESTADO AMAZONAS**, mediante de técnicas de sensores remotos.

Concluyeron que se podía observar con precisión, una alta concentración de los distintos tipos de minerales por medio de los análisis multiespectrales usando bandas del infrarrojo medio y térmico, el uso de estas bandas permitió discriminar zonas con presencia de minerales ferrosos, óxidos de hierro y minerales arcillosos. Además se obtuvo información mediante imágenes de satélite con la cual se puede extrapolar a otras áreas. Este trabajo sirve como base para futuras exploraciones de ocurrencias de elementos radioactivos y Coltan en la zona de Amazonas.

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 fotointerpretación 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, Asher. 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 Tectónica

Es la parte de la geología que estudia la estructura de la corteza terrestre, la disposición de los materiales que la constituye y las causas que han provocado su disposición peculiar (Velázquez, V. 2012).

3.3.5 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).

3.3.5.1 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).

3.3.6 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).

3.3.7 Rumbo

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

3.3.8 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° 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).

3.3.9 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, Asher. 2005).

3.3.10 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).

3.3.11 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).

3.3.12 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).

3.3.13 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).

3.3.14 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).

3.3.15 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).

3.3.16 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).

3.3.17 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).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Este trabajo se enfocó de acuerdo a los siguientes tipos de investigación como son: descriptiva y exploratoria.

4.1.1 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. (Sabino, C. 2002).

Este proyecto de investigación es descriptivo, porque consistió en interpretar, usando técnicas de teledetección, las diferentes topoformas del área de estudio y su relación con la geología.

4.1.2 Investigación exploratoria

Según Arias, F. (2006) la investigación exploratoria “se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos”

Este trabajo de investigación es exploratorio, ya que él se basó en diferenciar las diferentes litologías y geomorfologías presentes en el área, mediante la interpretación de información geográfica de imágenes satelitales los cuales sirvieron para la

delimitación y descripción de unidades temáticas y evidenciar todos los aspectos que impliquen la síntesis posterior a la interpretación en digital de las imágenes utilizadas correspondientes a la zona en estudio, y relacionarlas con el análisis espacial de los factores geológico, estructurales, geomorfológicos e hidrológicos.

4.2 Diseño de la investigación

Arias, F. (2006), considera que el diseño de la investigación será la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado y la clasifica y define como sigue:

4.2.1 Investigación documental

“Investigación documental: es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”.

El diseño de la investigación empleado en la presente investigación es de tipo documental, ya que, se indagó en fuentes bibliográficas y referencias cartográficas, para obtener la mayor cantidad de información, que sirvió como base para la elaboración del presente proyecto de investigación. La información bibliográfica fue recopilada en libros o bibliografías, trabajos previos referentes a este tema, tales como: informes de avance de las hojas cartográficas NB-19-8, mapa de geología, y hoja 6935-IV a escala 1:25.000.

4.3 Etapa de la investigación

Para alcanzar los objetivos planteados, la presente investigación se realizó en cuatro etapas, las cuales se describen a continuación

4.3.1 Etapa I. Recopilación de la información

Se refiere a la etapa inicial de este proyecto de investigación. 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-19-8 a escala 1:250.000, la hoja 6935-IV a escala 1:25.000, también se utilizó la imagen de 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 satelitales

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 4.1).

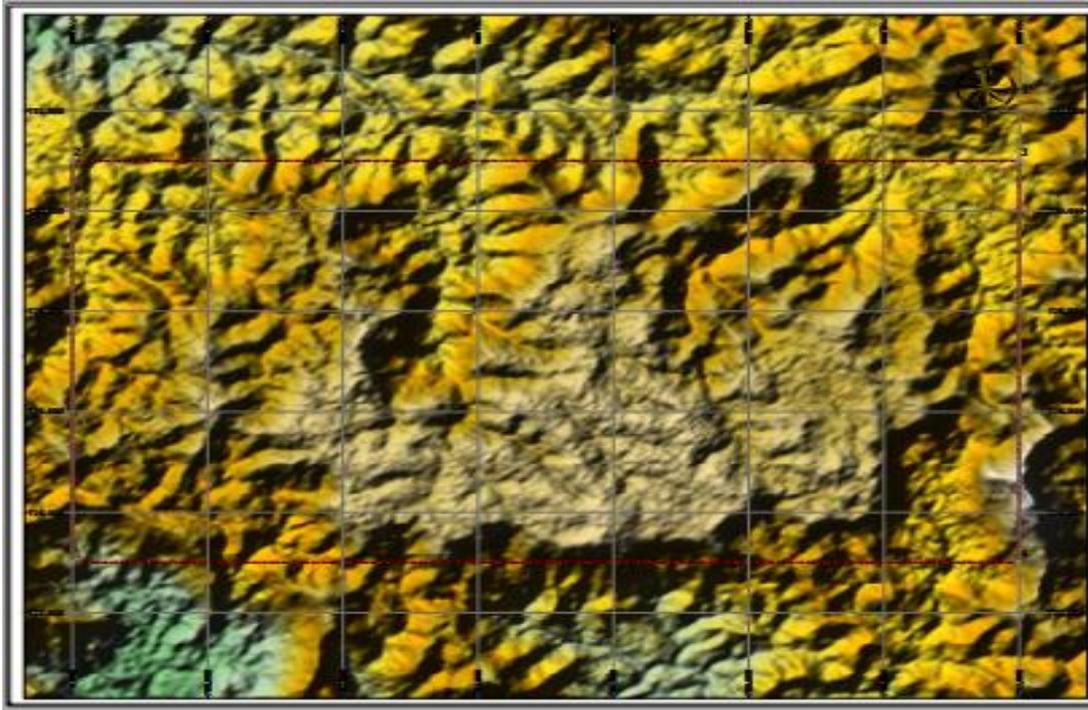


Figura 4.1 Imagen satelital 6935 a escala 1:50,000 correspondiente a la zona de la Serranía de la Cerbatana, sector sur.

4.3.2.1 Determinación de las estructuras geológicas

Para determinar las estructuras geológicas, se dibujaron, sobre la imagen, los lineamientos identificados, tales como: fracturas, crestas de cerros, drenajes controlados y diaclasas. Seguidamente se observó la tendencia de los lineamientos más predominantes.

4.3.2.2 Distribución de las unidades geomorfológicas

Para elaborar el mapa geomorfológico, se diferenciaron las topoformas, a partir de la imagen satelital 6935 a escala 1:50.000, apoyada con la imagen de Google Earth. Para el dibujo del mapa se utilizó la herramienta tecnológica ArcGis.

Adicionalmente, el programa tiene una herramienta que permitió el trazado de 2 secciones topográficas.

➤ **Determinación de las unidades litológicas**

Para delimitar las litologías, se revisaron en la imagen el relieve, texturas, la tonalidad, el drenaje y el fracturamiento. De esta manera se comprobó que el área de estudio está conformada por una sola litología.

➤ **Determinación del patrón de drenaje**

El mapa de drenaje se hizo de 2 formas; una regional, mediante la interpretación de la imagen satelital a escala 1:250.000 y localmente, con la ortoimagen a escala 1:25.000

Para elaborar el mapa de drenaje local, a mayor detalle, se tomó como base la hoja cartográfica 6935 a escala 1:50.000, apoyada con la hoja NB-19-8 a escala 1:250.000. Seguidamente se sobrepuso un papel de acetato y con un marcador indeleble se delimitaron los drenajes.

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 Modelo digital de elevación del área (MDE)

Un MDE es una representación tridimensional de la superficie terrestre que aporta cotas del terreno, relativas a una zona, en función de una malla regular; normalmente un MDE hace referencia a una zona de extensión media-grande y en consecuencia puede contener hasta millones de puntos. A causa de sus dimensiones los MDE vienen representados a través de las imágenes ráster en las cuales cada píxel representa, en función de las diferentes modalidades, la cota correspondiente (Cartesia, 2008).

4.3.3.2 Elaboración del mapa geológico-estructural

Para elaborar el mapa geológico-estructural se interpretó la imagen satelital 6935 a escala 1:50.000, apoyada con la hoja NB-19-8 a escala 1:250.000. Para el dibujo del mapa se utilizó la herramienta tecnológica ArcGis.

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 cubierta por las imágenes de la Serranía La Cerbatana, parte sur.

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 se considera que la muestra es igual a la población, ya que se visualizaron y agruparon las características de cada litología que se encuentran en la serranía mediante mapas temáticos y en conjunto fueron analizados de acuerdo a los parámetros de interpretación, publicaciones electrónicas, registros técnicos o cualquier otra información que sirva de ayuda y se encuentre disponible.

4.6 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Son los diferentes herramientas usadas por el investigador para recabar y almacenar información.

4.6.1 Técnicas para la 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).

4.6.1.1 Técnica observación directa

Esta técnica de recolección de datos se implementará sobre la imagen satelital, donde se examinaron los relieves característicos de la zona, el drenaje y las estructuras usando las técnicas de interpretación.

4.6.2 Instrumentos para recolección de datos

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información (Arias, F. 2006).

Se utilizaran 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, lápiz, libretas, glosarios, marcadores, hojas de acetato, hoja cartográfica e imágenes satelitales.

4.6.2.1 Técnica de 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 (Figura 4.2).

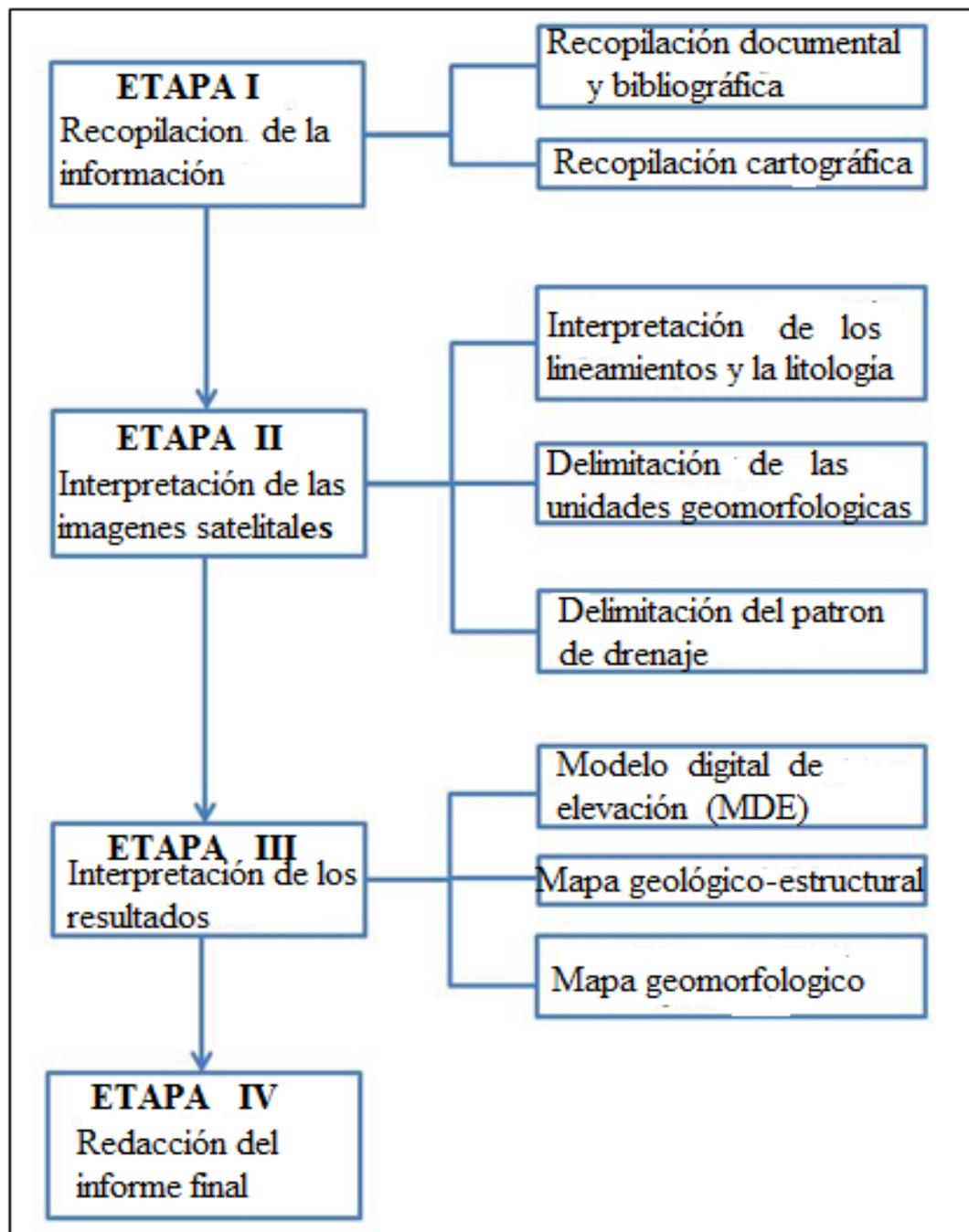


Figura 4.2 Flujoograma de la metodología.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Identificación de las estructuras geológicas presentes en el área, a través de la interpretación visual de la imagen satelital Google Earth y la hoja cartográfica

Partiendo de la hoja cartográfica NB-19-8 a escala 1:250.000, la hoja 6935-IV a escala 1:50.000, la imagen satelital Google Earth y el cotejo con la información geológica de trabajos previos, se interpretaron al menos 2 familias de fracturas.

El primero está orientado en dirección N-NE. Este sistema está conformado por fracturas largas.

El segundo sistema presenta mayor densidad, está orientado en dirección E-W. Son fracturas cortas, a excepción de la fractura que controla al río Marieta, ubicado al Norte.

La importancia de estos dos sistemas de fracturas es que generaron grietas a través de las cuales se infiltra el agua de lluvia, efectuando el lixiviado de las rocas graníticas, transformándolas en bauxita (Figura 5.1).

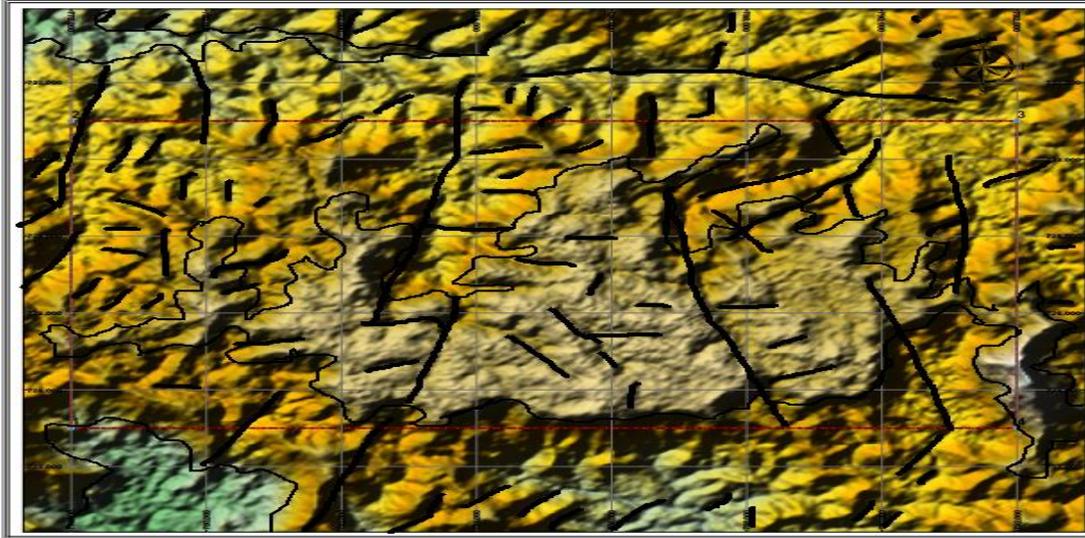


Figura 5.1 Interpretación de estructuras en la imagen 6935-IV, a escala 1:50.000.

5.2 Distribución de las unidades geomorfológicas y el patrón de drenaje, del área de estudio a través de la realización del análisis visual

El análisis del relieve describe la organización general de las formas del relieve en la región.

5.2.1 Distribución de las unidades geomorfológicas

Los criterios usados para describir las topoformas fueron los propuestos por las unidades cartográficas de la empresa C.V.G TECMIN, año 1987.

Según los criterios antes mencionados, se ha dividido la zona de estudio en tres unidades de paisajes: Estas son la unidad de Plateaux, la unidad de Montaña y la unidad de llanuras aluviales (Figura 5.2 y ANEXO 2/3).



Figura 5.2 Interpretación de las topoformas a partir de la imagen satelital 6935-IV, a escala 1:50.000.

5.2.1.1 Unidad de Plateaux

En la imagen satelital corresponde al color gris lechoso. La Unidad de Plateaux abarca territorialmente el 15 %, se ubica en la parte central del área. Se caracteriza por ser el relieve plano, cuyas alturas es de los 720 y 840 m.s.n.m. Conforma pendientes abruptas. Esta unidad corresponde a elevaciones simétricas del terreno que presentan topos amesetados, no poseen una dirección preferencial de orientación ya que forman parte de un macizo fuertemente erosionado. Se puede observar que a pesar de presentar topos amesetados, las laderas presentan pendientes de entre 28° y 70° .

El nivel Imataca-Nuria-Cerro Bolívar-Los Pijiguaos es el más importante desde el punto de vista económico ya que en él se concentraron, por procesos de

meteorización y lixiviación que formaron los yacimientos ferríferos de Cerro Bolívar y bauxíticos en los Pijiguaos (Figura 5.3 y ANEXO 1/3).

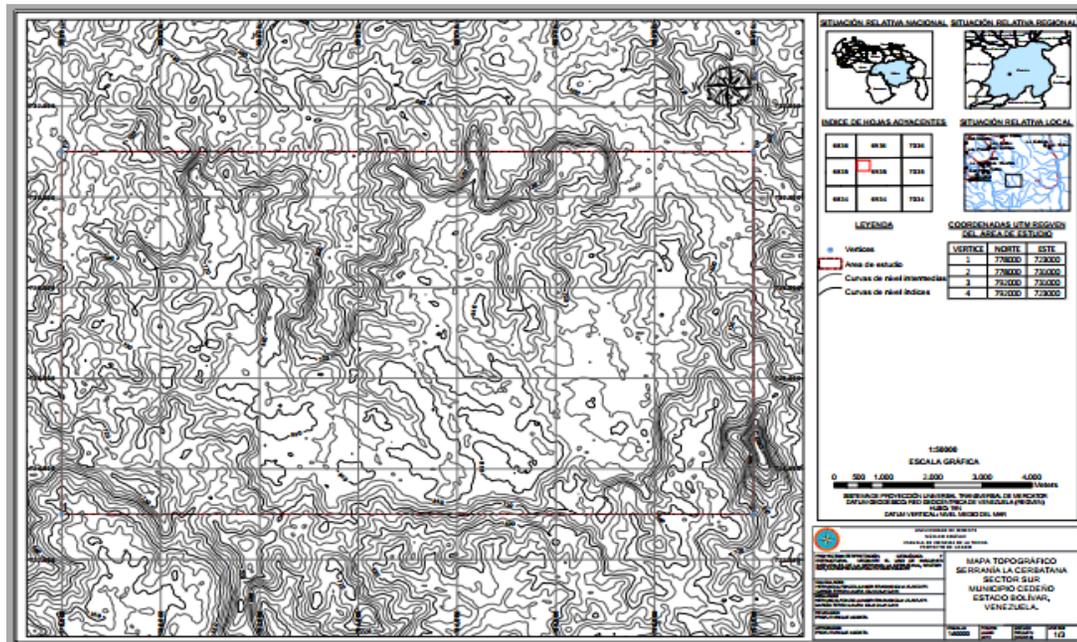


Figura 5.3 Mapa base topográfico, donde se aprecian la zona de Plateaux y las fuertes pendientes.

5.2.1.2 Unidad de montaña

Esta unidad es la más abundante y ampliamente distribuida, representa el 80 % del área. En la imagen satelital aparece con colores amarillo mostaza. Presenta zonas con alturas entre los 720 y 480 m.s.n.m, pendientes mayores a 30%, con crestas bien definidas de perfil agudo, limitadas por vertientes pronunciadas que le confieren al paisaje una topografía accidentada. Su génesis y evolución combina procesos tectónicos de fracturas, 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.

5.2.1.3 Unidad de valles aluviales

La Unidad de valles aluviales, abarca el 5 % de la zona de estudio, se encuentran ubicados al norte, formado por el Rio Marieta y al sur, formando 2 cuencas pequeñas y se caracteriza por llanuras aluviales con abundante red de drenaje. En la imagen es de color azul verdoso.

Esta unidad es muy regular y homogénea, contrastando claramente con la unidad de Montañas. En esta unidad se hallan las menores altitudes inferiores a los 480 msnm. En estos valles aluviales se depositan sedimentos residuales y aluviones provenientes de la meteorización de las rocas graníticas así como también el desmembramiento de las altiplanicies por efecto de la erosión y la gravedad.

5.2.2 Patrón de drenaje

Al definir las redes hidrográficas podemos relacionar éstas para revelar las estructuras geológicas que dieron origen a la actual configuración del relieve en la región.

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

Por esta razón en la Figura 5.8, se observan 3 direcciones de drenaje bien definidas. La primera y más antigua es en dirección N-NE. Estos drenajes son intermedios y de primer orden. La segunda es en dirección W-E, la cual, corta a la

dirección anterior. Este forma drenajes largos, bien definidos, que controlan el cauce del río Marieta (Figura 5.4).

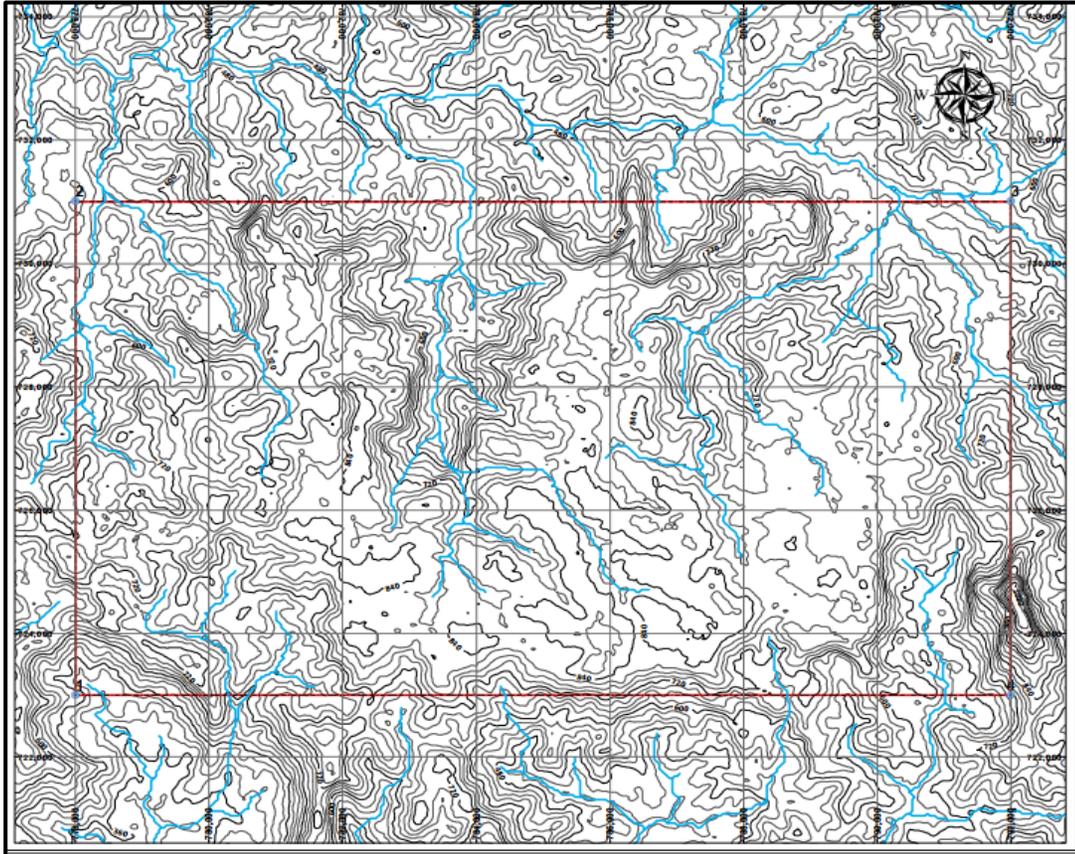


Figura 5.4 Interpretación del drenaje de la Serranía de la Cerbatana.

5.3 Modelo digital de elevación del área, utilizando el software GLOBAL MAPPER, para la observación tridimensional (3D) del relieve presente en la zona de estudio

En el modelo digital de elevación, se observan cotas entre 840 msnm y 480 msnm, siendo las mayores cotas en la zona central, donde formas topos aplanados, a su vez marcan la divisoria de agua, mediante pendientes abruptas hacia el Sur. De igual forma, la zona Norte presenta una elevada pendiente de 70° de inclinación y grandes escarpes hacia el canal principal del río Marieta (Figura 5.5).

Hacia el sur se presenta la cuenca hidrográfica del Rio Marieta, el cual fluye a través de una megafractura de más de 6 km, hacia el rio Cuchivero.

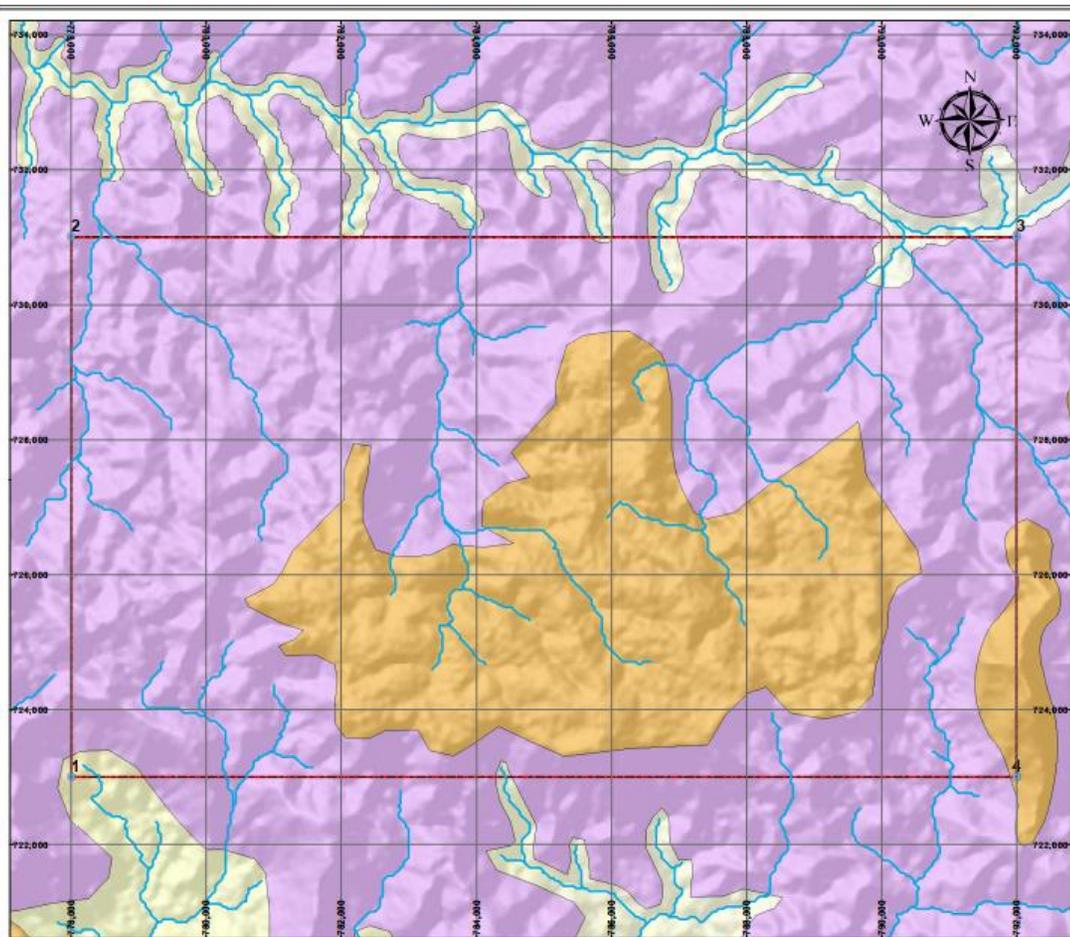


Figura 5.5 Vista panorámica de la serranía La Cerbatana, indicando el área de estudio.

En líneas generales, los plateaux se caracterizan por un límite abrupto con áreas peniplanadas o totalmente planas, representado por escarpes muy inclinados, cuyas pendientes pueden superar el 70%.

Los coluviones son de origen residual y están relacionados con eventos exógenos. Presentan relieves escabrosos y muy quebrados, producto del desglose de los topes amesetados

Las planicies abarcan la menor porción en el área de estudio y se localizan fundamentalmente en el área norte y hacia el Sur oeste y suroeste, siendo diferenciadas, básicamente, por su morfogénesis y por las condiciones de drenaje superficial.

5.4 Generación del mapa geológico a escala 1:10.000 de la zona de estudio, utilizando el “software” ArcGIS® 9.1; donde se muestren las características geomorfológicas, topográficas e hidrológicas

La elaboración de la cartografía geológica, se hizo sobre el mapa base topográfico. El resultado de la digitalización fue el mapa geológico-estructural a escala 1:20.000, con la geología, el drenaje, las fracturas y las curvas de nivel más representativas del área y puntos aledaños (Figura 5.6 y Anexo 1/1).

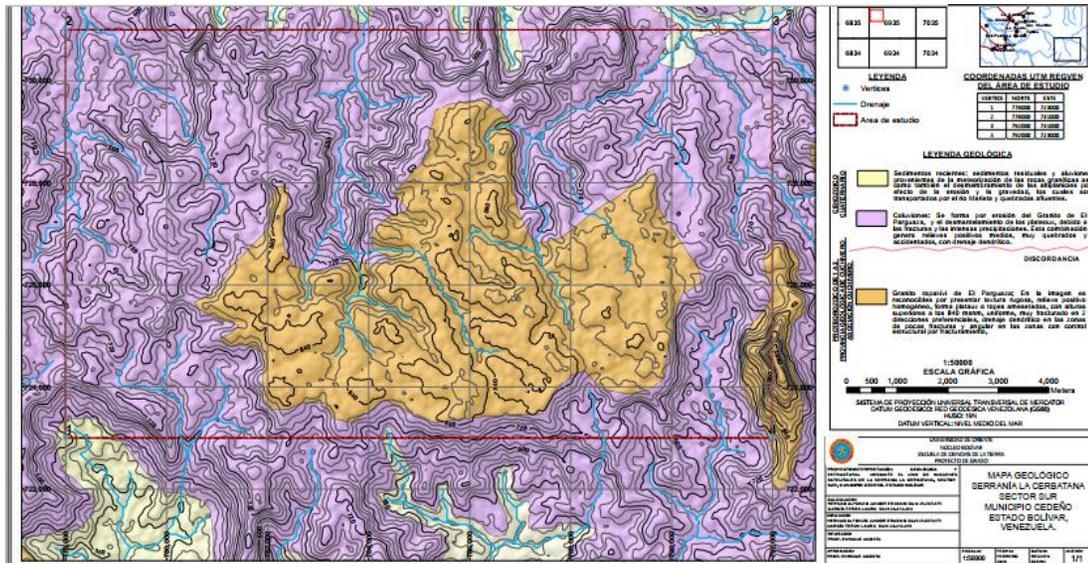


Figura 5.6 Mapa geológico estructural de la Serranía La Cerbatana, Sector Sur, basado en la interpretación de la imagen 6935-IV a escala 1:50.000.

La interpretación de las unidades geológicas que conforman el área, separa 3 litologías que se diferencian por su altura topográfica, drenaje y geomorfología. Estas las rocas graníticas, del Precámbrico, formadas por el granito de El Parguaza, el material residual (coluvión), producto de la erosión de la roca original y los aluviones del Cuaternario, formadas por sedimentos transportados por el río Marieta y quebradas afluentes.

5.4.1 Unidad granítica rapakivi de El Parguaza

El granito de El Parguaza representa el 30 % del área. En la imagen es reconocibles por presentar textura rugosa, relieve positivo homogéneo, forma plataux o topes amesetados, con alturas superiores a los 840 msnm, uniforme, muy fracturado en 2 direcciones preferenciales. El drenaje es dendrítico en las zonas de pocas fracturas y angular en las zonas con control estructural por fracturamiento, las tonalidades predominantes son color mostaza y el color gris claro en las zonas de fracturas indica humedad.

Bajo condiciones de clima tropical lluvioso, generan costras aluminicas ricas en bauxitas. En la parte central de la imagen, aún se conservan las líneas de cretas, los barrancos y escarpes moderados, generando una depresión del terreno por la cual se canaliza el agua de esorrentía.

5.4.2 Unidad de coluviones

La unidad de coluviones es la más extensa, cubre el 60 % del territorio. Se forma por erosión del Granito de El Parguaza, y el desmantelamiento de los plateaux, debido a las fracturas y las intensas precipitaciones. Esta combinación genera relieves quebrados muy accidentados, relieves positivos medios y drenaje dendrítico. Su coloración presenta tonalidades amarillo mostaza.

5.4.3 Unidad de aluviones

Cubre el 10 % del área, con altitudes inferiores a los 480 msnm. Representa relieves negativos. En la imagen están representados por tonalidades gris-azulado. En estos valles aluviales se depositan sedimentos residuales y aluviones provenientes de la meteorización de las rocas graníticas así como también el desmembramiento de las altiplanicies por efecto de la erosión y la gravedad, los cuales son transportados por el rio Marieta y quebradas afluentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De acuerdo a la interpretación de las imágenes NB-19-8 a escala 1:250.000, la hoja 6935-IV a escala 1:50.000, la imagen satelital Google Earth, se identificaron en el sector Sur de La Cerbatana, 2 sistemas de fracturas, que son un reflejo del marco tectónico regional. Estos son: El primero y más antiguo es en dirección N-NE. Estos son lineamientos intermedios. La segunda dirección de fracturas es W-E, la cual, corta a la dirección anterior. Estos son lineamientos largos, bien definidos, que controlan el cauce del río Marieta.

2. La importancia geoeconómica de estos sistemas de fracturas es que generan grietas en las rocas graníticas a través de las cuales percola el agua, bajo condiciones de clima tropical lluvioso, causando la lixiviación de algunos minerales y el enriquecimiento de la alúmina. los cuales, generan costras aluminicas ricas en bauxitas.

3. Las unidades geomorfológicas cartografiadas en la zona de estudio, corresponden a 3 paisajes contrastantes, los cuales son el paisaje de Plateaux, paisaje de montaña y el paisaje de valles aluviales. El paisaje de Plateaux abarca territorialmente el 15 %, se ubica en la parte central del área. Se caracteriza por ser el relieve amesetado, cuyas alturas es de los 720 y 840 m.s.n.m. El paisaje de montaña abarca el 80 % del área y se caracterizada por montañas con bastante desnivel topográfico y drenaje denso, las alturas varían entres los 720 y 480 m.s.n.m. El paisaje de valles aluviales es el menos abundante y de menores altitudes

4. El patrón de drenaje de la serranía inicialmente debió ser dendrítico, pero debido a la naturaleza tectónica de la zona, el drenaje se encauso siguiendo 2 direcciones de drenaje bien definidas. La primera y más antigua es en dirección N-NE. Estos drenajes son intermedios y de primer orden. La segunda es en dirección W-E, la cual, corta a la dirección anterior. Este forma drenajes largos, bien definidos, que controlan el cauce del río Marieta

5. En el modelo de elevación digital (MED), se observan cotas entre 840 msnm y 480 msnm, siendo las mayores cotas en la zona central, donde formas topos aplanados, a su vez marcan la divisoria de agua, mediante pendientes abruptas hacia el Sur. los plateaux se caracterizan por un límite abrupto con áreas peniplanadas o totalmente planas, representado por escarpes muy inclinados, cuyas pendientes pueden superar el 70%. Los coluviones son de origen residual y están relacionados con eventos exógenos. Presentan relieves escabrosos y muy quebrados, producto del desglose de los topos amesetados. Las planicies abarcan la menor porción en el área de estudio y se localizan fundamentalmente en el área norte y hacia el Sur oeste y suroeste, siendo diferenciadas, básicamente, por su morfogénesis y por las condiciones de drenaje superficial.

6. Para la elaboración del mapa geológico se identificaron en la imagen 3 unidades que se diferencian por su altura topográfica, drenaje y geomorfología. Estas son las rocas graníticas, del Precámbrico, formadas por el granito rapakivi de El Parguaza. Se reconoció por su textura rugosa, muy fracturado, forma plateau o topos amesetados, los coluviones de origen residual y los aluviones del Cuaternario, formadas por sedimentos transportados por el río Marieta y quebradas afluentes

Recomendaciones

1. Se debe complementar la información de diversos sensores remotos con datos de campo, fotos aéreas y apoyo bibliográfico para lograr una interpretación geológica integral de la zona de estudio.
2. Se recomienda realizar un levantamiento geológico a detalle del principal afloramiento del área de estudio, con muestreo del tope amesetado, para buscar posibles ocurrencias de bauxitas o caolín. De igual forma, para las líneas de crestas, las cuales son más resistentes a la erosión y pueden esconder algún mineral valioso, en forma de pegmatitas.
3. Es recomendable la obtención de varias imágenes del mismo satélite obtenidas en diferentes fechas y escalas para así obtener un modelo de evolución morfodinámico de la zona de estudio para poder extrapolar la información geológica.

REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. (3ra ed.). Caracas: Editorial Episteme. ORAL EDICIONES.P.p 3-89.

Ascanio, G. (1975) **EL COMPLEJO DE IMATACA EN LOS ALREDEDORES DE CERRO BOLÍVAR**. Venezuela. Conferencia Geológica Inter-Guayanas X, Belem-Pará, Brasil, Noviembre, 1975, Memoria: pp 181 – 179.

C.V.G TECMIN C.A. (1991) **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA DE RADAR NC-20-14, TOMO II: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN**. Ciudad Bolívar.

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

González de Juana, Clemente, Xavier Pichard y otros (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I y II, Edición facsimilar 1993, Caracas.

INSTITUTO AUTÓNOMO MINAS BOLÍVAR, (IAMIB 2012). **EXPLORACION DE MATERIALES NO METALICOS**. Ciudad Bolívar, pp 1-50.

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

LOEMCO, (1995) Laboratorio Oficial para el Ensayo de Materiales de Construcción **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES**. Madrid, España, pp. 26-30, 40-46, 68-71, 121-125, 177-189.

Mendoza, V. (2005) **EVALUACIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA**. Universidad de Oriente (UDO). Ciudad Bolívar - Venezuela.

Montes, E. (2004) **COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE ALGUNAS ROCAS ORNAMENTALES DE**

VENEZUELA CON LAS DE OTROS PAISES. Ciudad Bolívar - Venezuela. pp. 8, 34, 38 – 40, 53, 72 – 79, 81.

Strahler, N. y Strahler, A. (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

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES SATELITALES DE LA SERRANIA LA CERBATANA, SECTOR SUR, MUNICIPIO CEDEÑO. ESTADO BOLÍVAR
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
García Terán, Laura Andreina	CVLAC: E MAIL:
Hernao Alfonzo, Junior Erasmo	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Dpto. de Ingeniería Geológica	

RESUMEN (ABSTRACT):

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

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
		ROL	CA	AS _x	TU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU _x
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2021	07	06
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Trabajo de Grado. Interpretación geológica y estructural mediante el uso de imágenes satelitales de la serranía La Cerbatana, municipio Cedeño, estado Bolívar.doc	MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: SERRANÍA LA CERBATANA, SECTOR SUR, MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR.

TEMPORAL: 2 AÑOS.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: INGENIERO Y GEÓLOGO.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: PREGRADO.

ÁREA DE ESTUDIO: SERRANÍA LA CERBATANA.

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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Martínez</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos
JUAN A. BOLANOS CUNPELE
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

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

García Terán, Laura Andreina

Erasmus

C.I 24.412.383

AUTOR

Hernao Alfonzo, Junior

C.I 25.567.875

TUTOR

Enrique Acosta

C.I

JURADO

Berenice Sandoval

C.I

JURADO

Wilmer Zerpa

C.I

POR LA COMISIÓN DE TESI

