

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



**INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE RADAR NB-20-8,
ESCALA 1:250.000, CORRESPONDIENTE AL TRAMO KM 67 -
KM 90, CARRETERA EL DORADO-SANTA ELENA DE
UAIRÉN. MUNICIPIO SIFONTES, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LAS BACHILLERES
GARCEZ MARTÍNEZ
MAURELIS DAYANITH Y
JAIRA ESTEFANY IGARZA
PARA OPTAR AL TÍTULO
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA



ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: “INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN DE RADAR NB-20-8, BANDAS 6 Y 7, A ESCALA 1:500.000, CORRESPONDIENTE AL TRAMO KM 67 - KM 90, CARRETERA EL DORADO-SANTA ELENA DE UAIRÉN. MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLIVAR”, presentado por las bachilleres, **GARCEZ MARTÍNEZ MAURELIS DAYANITH** titular de la cédula de identidad N° **V- 25.755.263** y **JAIRA ESTEFANY IGARZA IGARZA**, titular de la cédula de identidad N° **V-26.328.160**, 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)	_____
Profesor Wilmer Zerpa _____ (Jurado)	_____
Profesora Katheouska Roura _____ (Jurado)	_____
Prof. Dafnis Echeverría _____ Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	Prof. Francisco Monteverde _____ Director De Escuela

En Ciudad Bolívar, 30 de enero de 2023

DEDICATORIA

A mi madre, Dayanith Martínez, que es uno de los seres más grandes que Dios me envió, a ella, por ser ese apoyo incondicional y ayuda en todos los momentos de mi vida. Por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, por ser ese pilar fundamental en mi vida, por haberme formado como la persona que soy; muchos de mis logros se lo debo a ella dentro de lo que se incluye este Trabajo se grado. Gracias por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos, te amo mamita. A mi padre, Wilmer Núñez, por quererme desde siempre, por ser ese padre ejemplar, amoroso y caballeroso, por cada consejo y por siempre estar para mí en los momentos más difíciles de mi vida. A mi hermana, Maurelvis Garcez, por siempre estar junto a mi, por ser mi amiga, mi confidente, y por apoyarme siempre, por alentarme a seguir adelante cuando ya quería desistir de todo, gracias por ser la persona más importante para mí en este ciclo como universitaria, por calmarme en mis momentos de estrés, por escucharme cada vez que tenía una evaluación, gracias por soportarme y por creer siempre en mi, gracias por tu amor, tú compañía por ser la mejor hermana. A mi hermanita, Melany Requena, por llegar justo al inicio de mi carrera, por su amor, su inocencia y por llenar de Luz y de alegría mi vida. A toda mi familia por confiar en mí, a mis tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

Maurelvis Garcez

A DIOS, este gran logro, por haberme acompañado en todo el recorrido, aún en los momentos difíciles y darme la fuerza y fortaleza para culminar mi carrera con éxito. También dedico este logro, a mis padres Maxima y Jairo por enseñarme que hay que esforzarse para obtener lo que realmente deseamos, que solo con constancia y disciplina se logra lo soñado. Dedico este logro a mis hermanos Juan y Joservis por que siempre me brindaron su apoyo incondicional y llenaban mi vida de valor y ánimo, por ser yo la única hermana que logró estudiar una carrera universitaria. A todos mis amigos y familiares que estuvieron allí apoyándome.... MUCHAS GRACIAS

Jaira Igarza

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. Por ser mi luz, mi fuerza y mi esperanza en el camino.

A mi abuela, Benita Chacin, que más que una abuela es otra madre para mí, gracias por su amor, apoyo, comprensión y entrega total, por enseñarme buenos hábitos y valores y por amarme tanto. Gracias abuela.

A mis tías Meicy, Luisa y Deyanira, por creer siempre en mí, por apoyarme en cada decisión de mi vida, las amo mucho tías.

A mi compañero de vida, mi esposo Sadi Rojas por siempre apoyarme, por escuchar mi llanto cuando sentía que ya no podía, por calmarme y decirme que todo va a estar bien, que siga luchando por cumplir mi sueño y hoy estoy viendo esta meta cada vez más cerca, y por supuesto, gracias a mi hija Rebecca Rojas que llegó cuando ya estaba culminando mi carrera y doy Gracias a Dios por su vida, porque me ha hecho una mujer más fuerte y con más ganas que nunca de seguir adelante.

A la “Casa más Alta del Oriente” la UDO - Núcleo Bolívar, por abrirme sus puertas y albergarme durante muchos años para mi formación académica.

Maurelis Garcez

Agradezco a Dios, por darme el privilegio de estudiar esta hermosa carrera, por haberme acompañado todo este tiempo de aprendizaje, por darme la sabiduría y entendimiento para culminarla con éxito. A mis padres Maxima I. y Jairo A, por apoyarme en todo momento, aun en los momentos de dificultad y desánimo, por los valores enseñados y darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurrir de mi vida. Han sido un gran ejemplo a seguir. A mi otra madre ANA. Por abrirme las puertas de su hogar, amarme como una hija y apoyarme en todo el tiempo que estuve fuera de mi hogar estudiando. Al resto de mi familia y amigos, que en su momento fueron de gran ayuda y apoyo para mí en el transcurso de mi carrera. A todos ellos.....GRACIAS

Jaira Igarza

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo “Interpretar la imagen de radar NB-20-8, a escala 1:250.000, correspondiente al Tramo Km 67-Km 90, carretera El Dorado-Santa Elena de Uairén, Municipio Sifontes Estado Bolívar. Para ello, se definió el tipo de investigación como descriptiva, ya que, la información requerida se obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas, y exploratoria por que se requirió la interpretación de imágenes satelitales, sin necesidad de ir a campo. Por otra parte, el diseño de la investigación es documental, porque se utilizó recopilaciones e interpretaciones de información bibliográfica basadas en fuentes teóricas. La metodología consistió en la interpretación de la imagen de radar NB-20-8 a escala 1:250.000, donde identificamos litología, patrones estructurales geológicos y relieves geomorfológicos con la finalidad de elaborar un mapa geológico y un mapa geomorfológico con base en la información analizada. El área de estudio está compuesta litológicamente por el cinturón de rocas verdes, constituidos por tobos y brechas que ocupan el 55% del área de estudio, rocas graníticas del Complejo de Supamo que ocupan el 15%, intrusivos máficos un 10% y sedimentos recientes que ocupan el 20%. El mapa geomorfológico muestra diferentes tipos de paisajes en los cuales los lomeríos bajos con una altura entre 260 a 130 msnm representan el 80% del área de estudio aproximadamente, las montañas altas con cotas que oscilan 450 msnm y 200 msnm constituyen el 5% y los valles aluviales con alturas inferiores a 120 msnm representan el 15%. Los patrones geológicos estructurales más significativos se encuentran ubicados en la Quebrada Amarilla que se encuentra ubicada al suroeste del área de estudio, la cual posee un rumbo de N 45° E. En esta zona destaca la localización de laboreos mineros, principalmente a cielo abierto y explotación de aluviones auríferos más importantes del Escudo de Guayana.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I.....	16
SITUACIÓN A INVESTIGAR	16
1.1 Situación objeto de estudio	16
1.2 Objetivo de la investigación.....	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Justificación de la investigación.....	18
1.4 Alcance de la investigación.....	18
1.5 Limitaciones de la investigación.....	18
CAPÍTULO II	20
GENERALIDADES	20
2.1 Ubicación geográfica.....	20
2.2 Acceso al área de estudio	21

2.3 Características físicas y naturales de la zona en estudio	21
2.3.1 Clima	21
2.3.1.1 Radiación	22
2.3.1.2 Insolación.....	22
2.3.1.3 Temperatura	22
2.3.1.4 Precipitación	23
2.3.1.5 Evaporación	24
2.3.1.6 Humedad relativa	25
2.3.2 Vegetación.....	25
2.3.3 Suelos	26
2.3.3.1 Suelos Ultisoles	27
2.3.3.2 Suelos Entisoles	28
2.3.3.3 Suelos Inceptisoles.....	29
2.3.4 Geomorfología.....	30
2.3.4.1 Montañas altas	30
2.3.4.2 Lomeríos bajos.....	31
2.3.4.3 Valle.....	31
2.4 Geología regional.....	31
2.4.1 Provincia Geológica de Pastora	33
2.4.2 Grupo Carichapo	36
2.4.2.1 Formación El Callao	36
2.4.2.2 Formación Cicapra.....	36
2.4.2.3 Formación Yuruari.....	37
2.4.3 Grupo Botanamo	37
2.4.3.1 Formación Caballape	38
2.4.3 Complejo Supamo	38
2.4.4 Depósitos minerales en las rocas de las fajas de rocas verdes	41

2.4.4.1 Depósitos de oro	41
2.4.4.2 Depósitos de oro en la Provincia Geológica Pastora	42
2.4.4.3 Los depósitos de vetas de oro orogénico	43
2.4.4.4 Los depósitos de pórfidos de oro y de oro-cobre.....	44
2.4.4.5 Tipos de depósitos en Las Claritas-Km 88	44
2.5 Geología local	45
CAPÍTULO III	47
MARCO TEÓRICO	47
3.1 Antecedentes de la investigación	47
3.2 Definición de términos básicos	49
3.2.1 Geomorfología.....	49
3.2.2 Sistema de Información Geográfica (S.I.G)	50
3.2.3 Generalidades de los software ArcGis y Surfer	51
3.2.3.1 Software ArcGis	51
3.2.3.2 Software Surfer	52
3.2.4 Modelo digital de Elevación (MDE)	53
3.2.5 Modelo Digital de Terreno	53
3.2.6 Imagen satelital.....	53
3.2.7 Principales patrones de drenaje	54
3.2.8 Combinaciones de bandas	55
CAPÍTULO IV	58
METODOLOGÍA DE TRABAJO	58
4.1 Tipos de investigación.....	58
4.1.1 Investigación descriptiva	58
4.1.2 Investigación exploratoria	59

4.2	Diseño de la investigación.....	59
4.2.1	Diseño documental.....	59
4.3	Población de la investigación.....	60
4.4	Muestra de la investigación.....	60
4.5	Técnica e instrumentos de recopilación de datos	60
4.5.1	Técnica de recopilación de datos.....	61
4.5.2	Instrumentos de recolección de datos	61
4.6	Etapas de la investigación	61
4.6.1	Etapa I Trabajo de oficina	62
4.6.1.1	Información bibliográfica	63
4.6.1.2	Información cartográfica	63
4.6.2	Etapa II Interpretación de las imágenes.....	64
4.6.2.1	Análisis visual de las imágenes de satélite	64
4.6.3	Etapa II Interpretación de elementos en las imágenes.....	66
4.6.3.1	Determinación de las unidades litológicas	67
4.6.3.2	Elaboración de la columna litoestratigráfica	70
4.6.3.3	Elaboración de mapa geomorfológico	70
4.6.4	Etapa IV Procesamiento de la información	72
4.6.5	Redacción de informe final	¡Error! Marcador no definido.
4.6.5.1	Conclusiones y recomendaciones	73
CAPÍTULO V		74
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		74
5.1	Interpretación de las características litológicas y su representación en un mapa	74
5.1.1	Unidad de rocas volcánicas	74
5.1.2	Rocas Graníticas del Complejo Supamo	75

5.1.3 Unidad de intrusivos máficos	76
5.1.4 Unidad de aluviones	76
5.2 Representación de la litoestratigrafía del área.....	78
5.3 Interpretación de las estructuras geológicas y su relación con las mineralizaciones auríferas	79
5.4 Generar el mapa geomorfológico de la zona mediante la interpretación de la imagen satelital NB-20-8.....	81
5.4.1 Unidad de Montaña alta (Ma).....	83
5.4.2 Unidad de Lomerios bajos (Lb).....	84
5.4.3 Unidad de Valles aluviales (V).....	85
5.4.4 Perfiles geomorfológicos.....	86
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 87
Conclusiones	88
Recomendaciones.....	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

2.1 Ubicación relativa de la zona de Km 67-Km 90	8
2.2 Provincias Geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. 2005)	23
4.1 Flujograma de la metodología aplicada en la presente investigación	51
4.2 Revisión de la información disponible referente a la zona minera de Las Claritas- Km 88	52
4.3 Imagen de radar NB-20-8, bandas 6 y 7 a escala 1:500.000	53
4.4 Imagen de radar NB-20-8 a escala 1:250.000 e imagen satelital a escala 1:100.000	54
4.5 Mapa topográfico de la zona deducido a partir de la imagen satelital “Copernicus” de la NASA, hoja NB-20-8.	55
4.6 Delimitación de las diferentes unidades litológicas basado en los patrones de interpretación	56
4.7 Delimitación de las topofomas presentes en la Imagen satelital “Copernicus” de la NASA, hoja NB-20-8.....	59
5.1 Zona de moteada y alterada a caolín de color beige, gris y blanco.....	63
5.2 Horizontes saprolíticos alterados y muy oxidados, trabajados actualmente con métodos mecanizados.....	64
5.3 Imagen satelital del año 2021, donde se observa al norte de Las Claritas los . . cauces de agua desbastados (Incluyendo los aluviones del Rio Cuyuni) por la actividad mediante el uso de monitores hidráulicos.....	65
5.4 Columna litoestratigráfica interpretada de la zona de Las Claritas- Km 88 y zonas aledañas	66
5.5 Drenajes con control tectónico y explotaciones mineras de sus cauces.....	68
5.6 Perfiles geomorfológicos trazados sobre la imagen satelital	73
5.7 Perfil geomorfológico AB, de dirección E-W.....	74
5.8 Perfil geomorfológico CD, de dirección N-S.....	74

LISTA DE TABLAS

2.1 Valores de temperaturas reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997).....	12
2.2 Valores de precipitaciones reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997).....	13
2.3 Valores de precipitaciones reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997).....	14
2.4 Características litológicas de las unidades que afloran en los Cinturones de Rocas Verdes de Pastora (Mendoza, V. 2005).....	30
4.1 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas volcánicas	56
4.2 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas graníticas	57
4.3 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas intrusivas máficas	57
4.4 Cualidades observadas en la imagen satelital de los aluviones	57
4.5 Algunos elementos de la tabla de composición de C.V.G. TECMIN, (1987)	59
5.1 Algunos elementos de la tabla de composición de C.V.G. TECMIN, (1987)	70

LISTA DE ANEXOS

1. MAPA GEOLÓGICO DEL DISTRITO MINERO LAS CLARITAS-KM 88
2. MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL DISTRITO MINERO LAS CLARITAS
KM 88

INTRODUCCIÓN

La conformación del relieve es originada por los procesos geológicos naturales, alterados o no, en el transcurso del tiempo geológico por los procesos modeladores de la superficie terrestre, como por ejemplo, la meteorización, la erosión y la remoción de masa. Las formas de la tierra presentan una morfología, composición y características específicas, las cuales se repiten espacialmente donde quiera que ellas ocurren. Estas formas de terreno se encuentran representadas por diversos depósitos o acumulaciones de origen aluvial, eólico, glacial y fluvio-glacial, así como por los diferentes tipos de rocas.

Las técnicas de interpretación expuestas en el presente trabajo de investigación se basan en el análisis sistemático de los patrones o modelos asociados con el relieve y con las formas. Los patrones fotográficos se encuentran representados por la morfología del relieve en general y por la morfología de las formas en la tierra en particular, por los sistemas de drenaje y de erosión, por la vegetación, el uso de la tierra, y por el tono y el color fotográfico reflejado por los objetos.

El patrón o modelo es un elemento o un conjunto de elementos del paisaje o terreno fotografiado, el cual presenta o exhibe una morfología, disposición y arreglo espacial característico que se repite espacialmente en otros sitios donde quiera que se presenten o repitan características y condiciones similares en el terreno, por encontrarse estos patrones o modelos asociados con las formas de la tierra y con ciertas condiciones particulares del terreno o de la superficie terrestre, sirven por lo tanto de guía al intérprete en el proceso de reconocimiento, identificación,

evaluación y diagnóstico de esas mismas formas de tierra donde quiera que ellas se presenten.

Inicialmente la herramienta de trabajo fue la imagen satelital procesada con las bandas 6 y 7, ya que por el alto grado de deterioro de la zona, debido a la actividad minera indiscriminada había alterado todo el área, pero en vista de la mala resolución y la nubosidad, la imagen es interpretable solo en un 60 %, se procedió a la búsqueda e interpretación de otras imágenes satelitales, además de la imagen de radar NB-20-8.

En total, durante la realización del proyecto de investigación se usaron 3 imágenes satelitales y una imagen de radar. De igual forma, se usaron cuatro (4) programas: Surfer, ArcGis 2017, Global Mapper v.16 y Google Earth 2020 para el procesamiento de las diferentes imágenes, dependiendo del mapa temático a realizar.

Este trabajo de grado está organizado en cinco (5) capítulos. El capítulo 1: Explica la situación a investigar, los objetivos formulados, la justificación del proyecto, su alcance y sus limitaciones. En 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. En el capítulo IV 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 se expresan las conclusiones y recomendaciones que se han generado con base en el logro de los objetivos planteados.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

El km 88 o también llamado DISTRITO AURÍFERO KILÓMETRO 88-LAS CRISTINAS (Mendoza, V. 2005), es uno de los distritos auríferos más importantes del Escudo de Guayana, explotado irracionalmente en su parte superior saprolítica, oxidada y de aluviones relacionados, con una producción de la pequeña minería, con un estimado anual superior a las 6 tn de oro durante los años 1983 a 1988.

Por ello en la actualidad constituye un gran desafío el poder desarrollar una minería sostenible que garantice cubrir las necesidades, minimizando las afectaciones al medio ambiente. La intervención minera en el sector es de vieja data, con el sistema de hidromonitores. Se pretende con este trabajo, actualizar la información geológica y proponer la explotación técnica y ecológica de los yacimientos auríferos.

La zona correspondiente a esta investigación fue estudiada por varios autores y por varias compañías transnacionales de destacada actuación en el área de exploración de recursos auríferos, desde los puntos de vista tectónico y geológico respectivamente con el uso de imágenes de radar e imágenes satelitales. Esta zona que se encuentra ubicada al Sur del Macizo Guayanés, específicamente en el sector SE del territorio cubierto por la hoja de radar NB-20-8, posee estudios geomorfológicos a nivel de interpretación satelital y utilización de nuevos métodos de estudios como software de interpretación geológica, topografía e hidrológica, inéditos.

Actualmente hay poca información geológica disponible para los usuarios y este proyecto de investigación viene a generar un inventario de los cuerpos rocosos aflorantes en el sector, mediante la interpretación de la imagen de radar. A su vez, identificar las estructuras presentes en el terreno con la intención de conocer como estos factores intervienen en la modelación del relieve y de las concentraciones auríferas.

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Interpretar la imagen de radar NB-20-8, a escala 1:250.000, correspondiente al Tramo Km 67-Km 90, carretera El Dorado-Santa Elena de Uairén. Municipio Sifontes. Estado Bolívar.

1.2.1.1 Objetivos específicos

1. Interpretar las características litológicas de cada unidad presente en el área de estudio y representarlo en un mapa geológico.
2. Representar la relación litoestratigráfica del área mediante la visualización de la imagen y su procesado con el software Global Mapper v16.
3. Interpretar las estructuras geológicas presentes y su relación con las mineralizaciones auríferas, mediante la definición de la imagen de radar NB-20-8.

4. Generar el mapa geomorfológico de la zona mediante la interpretación de la imagen de radar NB-20-8.

1.3 Justificación de la investigación

Este proyecto de investigación busca generar información geológica actual, orientada hacia los recursos minerales de yacimiento auríferos.

De igual forma permitira conocer a través de los software especializados en teledetección, e interpretación satelital (Arcgis v.10 y Global Mapper v.16), la geología y la geomorfología del área.

1.4 Alcance de la investigación

La información generada y actualizada permitirá conocer la geología y la geomorfología de la hoja NB-20-8, que puede servir para la toma de decisiones en cuanto a las mineralizaciones auríferas y su relación con las estructuras geológicas.

1.5 Limitaciones de la investigación

En un principio, la idea principal fue utilizar esta imagen con los filtros de las bandas 6 y 7 porque la banda 6 proporciona puntos de actividad (minera) y la banda 7 discrimina formaciones rocosas. Pero en vista de que la imagen principal presentaba solo un 60 % de nitidez, se decidió mejorar la interpretación satelital, usando otras imágenes, y una imagen de radar.

El traslado hacia la zona es complicada por eso optamos por hacer el estudio basándonos en la imagen de radar

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica

La zona en estudio se ubica al SE del estado Bolívar, en la Troncal 10, a partir del km 67 del poblado minero de El Dorado, hasta el km 90. Conforman una poligonal cerrada de aproximadamente 35.864 ha. Geográficamente se sitúa en la margen derecha de la Troncal 10. (Figura 2.1).

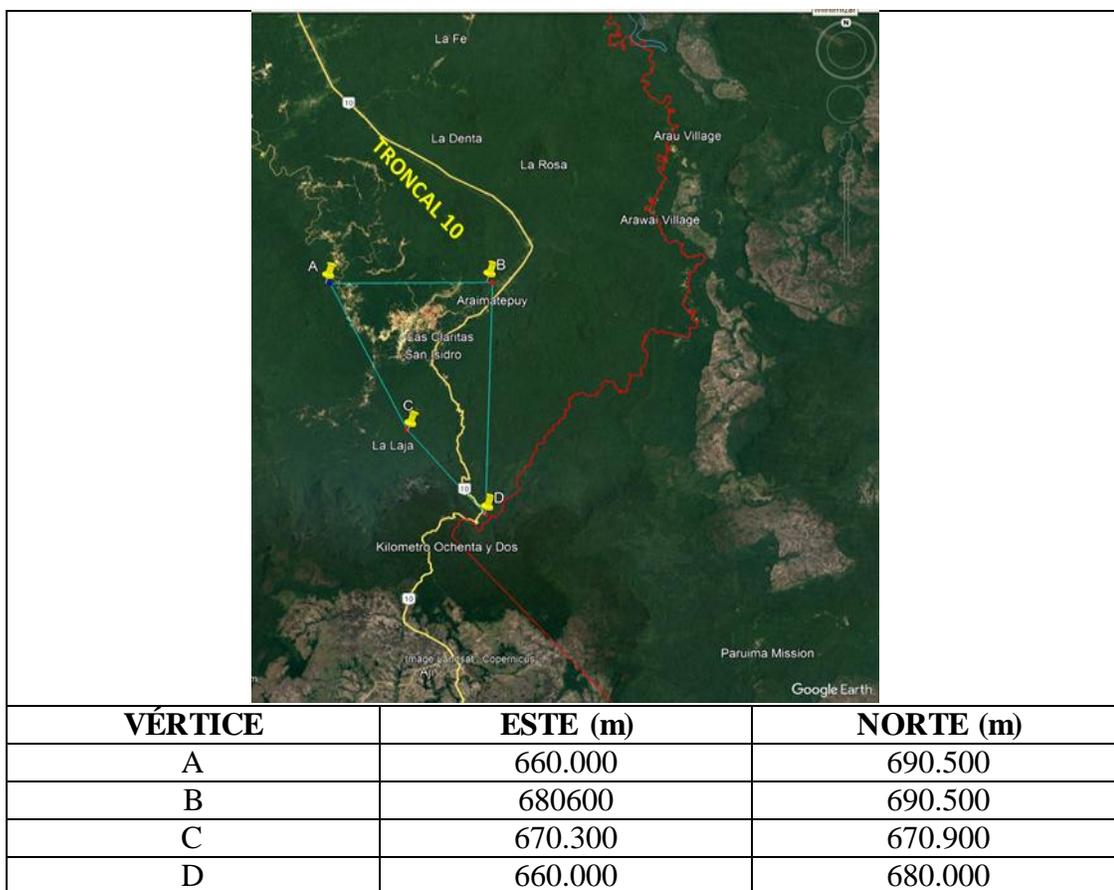


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio y sus respectivas coordenadas

UTM, tomado de Google Earth Pro (2020)

Nota: Las coordenadas U.T.M de los vértices de la poligonal cerrada que comprende la zona de estudio, según sistema de proyección UTM. Datum horizontal, red geocéntrica de Venezuela (Regven-elipsoide WGS84) huso 20.

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área en estudio es por carretera asfaltada, Troncal 10, hasta llegar al pueblo de Las Claritas. Para explorar la zona W, se recorre una vía asfaltada en parte hasta llegar a la Quebrada Amarilla en dirección suroeste, con un rumbo de N 45° E. Durante ese trayecto se recorren las minas de Albino, Bizkaitarra y Las Cristinas. La zona Este se puede explorar a través de picas mineras y caminos abiertos por mineros artesanales.

2.3 Características físicas y naturales de la zona en estudio

A continuación se presentan las principales características físico-naturales de la zona, objeto de estudio. Para la caracterización de las diferentes variables climáticas, se consultó la información generada por la empresa Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera c. a., en el año 1997 (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.1 Clima

La información presentada a continuación, está basada en el reporte climatológico del estudio de línea base para el proyecto “Las Cristinas”, el cual está cerca de la zona, y fue elaborado por (CVG TECMIN C.A., 1997). Con base en la información proveniente de las estaciones del Km. 88 y la cuenca del río Cuyuní, durante un año.

Según la clasificación climática de Koppen, la zona de estudio presenta un clima tropical Awgi, donde la temperatura media del mes más frío es mayor de 18° con máximas lluvias que alcanzan los 1800 mm en los meses de Mayo, Junio y Julio y época de menor precipitación en los meses de enero, febrero y marzo, con muy poca variación térmica en el año, menor de 3°C , y su mayor temperatura media mensual después del 21 de Junio, solsticio de verano (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.1 Radiación

Se estima que el área en estudio recibe una cantidad de radiación solar de aproximadamente 400 Cal/cm²/día; esto, basado en estudio realizado en zonas adyacentes. Debido a la ubicación del área estudiada prácticamente ecuatorial, la oscilación anual de la radiación solar es relativamente pequeña. Observándose un máximo al año en el mes de Septiembre y el mínimo en el mes de Diciembre. (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.2 Insolación

La insolación media en el área se ha estimado en aproximadamente 6,0 horas y décimas, pudiendo llegar a 6,2 horas y décimas en la zona de topografía baja y de tan solo 5,8 horas y décimas para los relieves más elevados (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.3 Temperatura

A causa de la baja latitud en la zona, se presenta la condición de Isotermia, la cual nos indica que la oscilación media anual de la temperatura es muy pequeña. En las estaciones invierno-verano donde existen registros, se observa una variación de 2

a 3 grados entre el mes más cálido y el más frío, mientras que la amplitud diaria es muy considerable, entre 8 y 15 grados centígrados (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Valores de temperaturas reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997)

Temperatura (°C)	Máxima:27.8 a 25.9
	Promedio:25.7 a 23.4
	Mínima:23,7 a 20.6

El gradiente alto-térmico se estima en 0,6° C por cada 100 metros de altitud. Las temperaturas medias anuales varían entre 25,7 y 23,4 °C para las altitudes entre 100 y 500 msnm y entre los 23,7 y 20,6 °C, para aquellas altitudes entre 500 y 1000 msnm (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.4 Precipitación

La zona en estudio presenta registros de precipitación total media anual de 1800 mm, con valores mayores de 3000 mm anuales de la estación Km. 88

En esta zona se observa un máximo principal en el verano astronómico (Junio), asociado al período de mayor actividad de la convergencia intertropical, y un máximo secundario entre los meses de Noviembre y Diciembre, que corresponde al mayor caldeamiento estacional como consecuencia de la posición alta del sol (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Valores de precipitaciones anual reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997)

Precipitación(mm)	Máxima: 3000
	Promedio:1800
	Mínima:700

Para toda el área se cumple que aproximadamente el 64% de la precipitación total media anual cae en el lapso comprendido entre los meses de Mayo-Agosto (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.5 Evaporación

El proceso de evaporación depende fundamentalmente de la radiación solar, la capacidad del aire para retener el vapor de agua y la cantidad de agua disponible en el suelo. La evaporación total media anual para el área de estudio se ha estimado en unos 1840 mm.

La curva anual de evaporación tiene un máximo principal en el mes de Marzo y otro en el mes de Octubre, épocas en que la radiación solar y la temperatura alcanzan sus valores máximos (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Valores de precipitaciones reportados por las estaciones del km 88 (CVG TECMIN C.A., 1997)

Evaporación (mm)	Máxima:2230
	Promedio:1840
	Mínima:1360

Los valores mínimos de evaporación se registran por lo general en el mes de Junio y el mes de Diciembre y en ambas fechas la radiación y la temperatura muestran sus valores mínimos (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.1.6 Humedad relativa

La humedad relativa en el área es alta, con valores medios anuales es de 80,9% o más y con una variación anual muy pequeña que sigue el ritmo de las precipitaciones, es decir, disminuye los primeros meses del año. La variación diaria de la humedad es más notoria, pues es muy alta en horas de la noche y de la madrugada y disminuye durante el día; alcanzándose los mínimos pocos después del mediodía (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.2 Vegetación

En el área de estudio se distinguen tres bioclimas diferentes: Tropófilo Macrotérmico, Ombrófilo Macrotérmico y Ombrófilo Sub-Mesotérmico, cada uno de

los cuales presenta formaciones vegetales adaptadas a las condiciones de humedad, temperatura, suelos y fisiografía reinantes en el área de cada uno de ellos.

Los bosques presentan una gran diversidad estructural (altura y densidad) encontrándose desde los bosques altos (> 25 m) a bajos (< 15 m) con densidades de cobertura variable, los cuales ocupan paisajes de montañas, lomeríos y valles. En general presenta un dosel con individuos que pierden sus hojas en la época de sequía (30% - 50%), con un sotobosque moderadamente denso. Las lianas y bejucos son abundantes al igual que las epífitas.

Los bosques, debido a las condiciones de humedad durante todo el año, presentan un carácter siempre verde, con un gran desarrollo en altura y complejidad florística. Las formaciones vegetales presentan cambios regionales debido a condiciones tanto de carácter natural como antrópico, generalmente como consecuencia de fuertes pendientes (>50°) y suelos pocos profundos.

Cuando localmente se producen intervenciones en la masa boscosa, se nota una rápida invasión de especies herbáceas de hoja ancha y helechos, seguido por una vegetación arbórea de crecimiento vigoroso (especies colonizadoras) y una gran cantidad de lianas y bejucos (CVG TECMIN C.A., 1997).

2.3.3 Suelos

El área está conformada en su mayor parte por suelos de alto a moderado grado de evolución pedogénica, los cuales guardan estrecha relaciones con el sustrato litológico y con los diferentes paisajes y tipos de relieve en ella circunscritos (CVG TECMIN C.A., 1997).

Según el inventario realizado por CVG TECMIN C.A., 1997, varios tipos (órdenes y grandes grupos) de suelos han sido reportados.

2.3.3.1 Suelos Ultisoles

Conforman el orden de suelos de mayor predominancia en el área. Ocurren en diferentes ámbitos bioclimáticos, geomorfológicos y geológicos. Bioclimáticamente, están asociados generalmente a Bosque Tropofilos y Ombrófilos Macrotérmicos. Mayormente son suelos bien drenados; sin embargo hacia las áreas más bajas ocupadas por el paisaje de valle (con relieves aluvio-coluviales y vegas) el drenaje es restringido.

Desde el punto de vista químico las características más relevantes son: pH muy ácido a extremadamente ácido, baja a muy baja saturación con bases y capacidad de intercambio catiónico.

Estos suelos muestran un avanzado estado de desarrollo pedogenético, como resultado de intenso procesos de intemperización durante prolongados períodos de tiempo, actuando sobre superficies geomórficas de relativo alto grado de estabilidad, las cuales han condicionado la ocurrencia de horizontes de iluviación de arcillas muy espesos, fuerte lixiviación de nutrientes (Ca, Mg, P, K y Na), originando una desaturación del complejo absorbente lo cual se manifiesta por la baja capacidad de retención de cationes, que permite inferir la ausencia casi total de minerales primarios y la dominancia de minerales secundarios en la fracción fina del suelo; tales como caolinita y sequióxidos de hierro y aluminio.

Localmente bajo bosques densos ocurren procesos de acumulación de materia orgánica, los cuales generan un proceso de enriquecimiento relativo de base en

superficie, como consecuencia de la descomposición de los restos vegetales. Por otro lado hacia las partes bajas (vegas y vallecitos aluvio-coluviales), en los cuales se presentan períodos estacionales con exceso de agua, ocurre también una acumulación de materia orgánica favorecida por la baja mineralización de dichos materiales, como consecuencia de la condición de hidromorfismo presente.

En lo relativo al uso actual, es sobre las áreas donde estos suelos son dominantes, principalmente en los ubicados en los paisajes de lomeríos bajos, en que se ha establecido una actividad agrícola de subsistencia aprovechando el banco de nutrientes que poseen estos suelos en su superficie (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.3.2 Suelos Entisoles

Representan un grupo de suelos que ocurren en diferentes ambientes bioclimáticos, geomorfológicos y geológicos. Ocurrendo como sustrato de Bosques Tropófilos y Ombrófilos Macrotérmicos; distribuidos esencialmente dentro de paisajes de montaña y localmente en peniplanicie y lomerío. Por lo general, se han desarrollado a partir de rocas de la Provincia Geológica de Pastora y también sobre de sedimentos aluvio-coluviales de edad reciente.

En sentido general, estos suelos muestran poca o ninguna evidencia de desarrollo pedogenético, lo cual se manifiesta por la ausencia de evidentes horizontes de diagnósticos. Tal situación podría deberse en primer lugar, al relativamente corto tiempo de evolución, condición predisponente en los suelos que se desarrollan a partir de materiales transportados (coluvio-aluviales), o en aquellas superficies geomorfológicas que están sometidas a aportes periódicos de nuevos sedimentos, tal es el caso de las vegas y llanuras de inundación de los principales ríos y tributarios que drenan el área. En segundo lugar, la ocurrencia de ellos sobre superficies con

topografía muy accidentada e inclinada en las cuales se suceden procesos de erosión, con la consecuente pérdida permanente de los materiales (rejuvenecimiento), originando interrupciones en el proceso de evolución pedogenética.

En lo relativo al uso actual, estos suelos no están siendo sometidos a uso agropecuario, debido a la multiplicidad de severas limitaciones de carácter físico, químico y / o topográfico que presentan. Sin embargo, hacia las zonas aledañas a las vías principales de drenaje, se observa una fuerte actividad minera, sin ningún tipo de control, que ha ocasionado pérdidas de cause por colmatación, tal es el caso de la Quebrada Amarilla (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.3.3 Suelos Inceptisoles

Estos son los suelos que ocurren con menor frecuencia en el área de estudio, se encuentran asociados, al igual que las dos órdenes anteriores, a bosques tropófilos ombrófilos macrotérmicos; distribuidos dentro de paisajes de lomerío, peniplanicie y valle, localizándose principalmente dentro de los relieves de vegas y llanuras de inundación. Por lo general se desarrollan sobre materiales aluvio-coluviales.

Son suelos profundos, de color marrón a marrón oscuro en superficie y amarillo rojizo en profundidad. Poseen generalmente texturas francas arenosas y arcillosas. Presentan baja capacidad de retención de humedad, la permeabilidad varía de rápida a moderada. El drenaje, es por lo general, imperfectamente a pobremente drenado; sin embargo, localmente hacia las posiciones más alta se hace bien drenado.

En sentido general, son suelos de moderada evolución, desarrollados a partir de materiales muy alterados y desaturados, depositados por los ríos y causes secundarios que drenan el área, lo cual explica los bajos valores de pH (fuerte acidez), bajos

niveles de saturación con bases y capacidad de intercambio catiónico. Las mayores evidencias de evolución pedogenética se manifiesta por el desarrollo de horizontes cambicos, de estructuración y / o alteración química o hidromorfismo.

Los suelos se presentan de diversos tipos distribuidos en colinas, abarcando casi toda el área. Tan solo en las inmediaciones del río Las Claritas, el suelo es arenoso-gravoso, característico de llanuras fluviales (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.4 Geomorfología

De acuerdo a la interpretación de la imagen satelital, se pudieron reconocer 3 tipos de paisaje los cuales son: montañas altas, Lomeríos bajos y Valles. Los tipos de relieves correspondientes a cada paisaje, serán definidos en el apartado 5.4 de este trabajo.

2.3.4.1 Paisajes de montañas altas

Se desarrollan sobre rocas esquistosas y graníticas del Complejo de Supamo. Localmente, se pueden encontrar también, sobre esquistos sericíticos. Las formaciones superficiales la conforman lateritas y suelos bien desarrollados (ultisoles) asociados a afloramientos rocosos localizados en las vertientes. La erosión es por escurrimiento superficial formando surcos.

Por lo general, se han desarrollado a partir de rocas de la Provincia Geológica de Pastora y también sobre de sedimentos aluvio-coluviales de edad reciente (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.4.2 Paisajes de lomeríos bajos

Es una elevación de tierra de altura pequeña y prolongada representa un paisaje de disección en el cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve escarpado, con pendientes que oscilan entre 8 y 16%, (C.V.G TECMIN, 1997).

2.3.4.3 Paisajes de Valle

Son espacios entre montañas o alturas, una depresión de la superficie terrestre entre dos vertientes, con forma inclinada y alargada, que conforma una cuenca hidrográfica en cuyo fondo se aloja un curso fluvial, geomorfológicamente forman áreas bajas y planas, y suelos muy arenosos, ricos en cuarzo y en vetas de cuarzo estériles, que desarrollan suelos arenosos de color blanco grisáceo a amarillento. (C.V.G TECMIN, 1997).

2.4 Geología regional

En el continente Sudamericano las rocas de edad precámbrica se encuentran principalmente en los Escudos de Guayana y Brasil, los cuales están separados por la cuenca del río Amazonas, expresión de una gran geofractura profunda que se proyecta a más de 70 km en la corteza y tiene 3.400 millones de años.

Los Escudos en geología, son macizos continentales de las rocas más antiguas de la tierra, caracterizados por ser muy estables, no sujetos a movimientos bruscos como ha sucedido con nuestra Cordillera de los Andes, y la Costa de Perijá (Mendoza, V. 2000).

El Escudo de Guayana tiene forma oval y su parte septentrional se encuentra en Venezuela, al sur del curso del río Orinoco, mientras que su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guyana, Suriname y Guayana Francesa. En la parte venezolana comprende rocas arqueológicas y proterozoicos de muy diversas litologías, alteradas en mayor o menor escala durante una serie de eventos geotectónicos mayores (Mendoza, V. 2000).

El Escudo de Guayana forma parte del Precámbrico del Cratón Amazónico y del Oeste de África y se continúa en las Guayanas y parte NW de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamórficas y depósitos minerales similares. Se extiende por el Sur de Venezuela, parte de Colombia, una parte importante al Norte del río Amazonas en Brasil y parte de Bolivia. En Venezuela está compuesto por cinco (5) provincias litotectónicas (Sidder, W. y Mendoza, V. 1995) (Figura 2.3).

1. Terreno Arqueano gnéísico de facies anfibolíticas a granulitas de los piroxenos.
2. Terrenos graníticos y de rocas verdes del Proterozoico Inferior.
3. Complejo vulcano-tectónico no metamorizado del Proterozoico Inferior.
4. Rocas sedimentarias continentales del Proterozoico Inferior y Medio.
5. Granito tipo rapakivi anorogénico del Proterozoico Medio.

2.4.1 Provincia Geológica de Pastora

La Provincia Geológica de 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. (Figura 2.2).

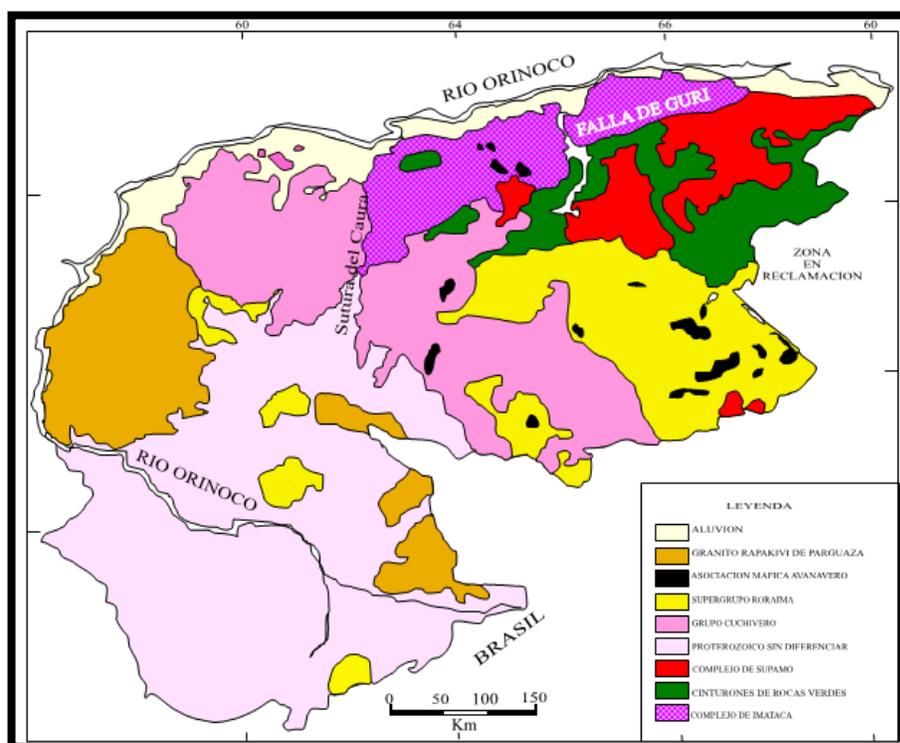


Figura 2.2 Provincias Geológicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. 2005)

La Provincia de Pastora 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 antiguos, jóvenes y menos tectonizados y menos metamorfizados, tipo Botanamo, formados en la cuenca delante del arco de islas y complejos graníticos sódicos, como el Complejo de Supamo, siendo toda la

secuencia intrusionada por granitos potásicos o "sensus 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. Los CRV más antiguos muestran tendencias estructurales próximas a NS (N 10° E a N 20° W), mientras que los CRV más jóvenes casi siempre muestran tendencias en ángulo recto con las anteriores, próximas a E-W (M 70°-80° E). El choque de estas dos tendencias y de ambos tipos de CRV puede observarse claramente en imágenes de radar que cubren la zona del río Marwani, quedando más detallado en los estudios de CRV CVG Tecmin C.A-USGS (Salazar y Otros, 1989, citado por Mendoza, V. 2005).

En la región de Guasipati-El Callao aflora una buena sección del Supergrupo Pastora (Menéndez, 1968, 1972), CRV antiguo, compuesto del Grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El Grupo Carichapo está constituido por las formaciones Cicayra, predominantemente komatítica, Florinda, basáltico tholeítica a komatítica y El Callao, típicamente basáltico-andesítica ("basandesitas") toleíticas. La presencia de basaltos komatíticos pudiera sugerir, alternativamente, que el CRV de Pastora se formó sobre una pluma de calor del manto superior en una placa oceánica, formando parte de un arco de islas oceánicas, más primitivas, con menos sedimentos asociados, con abundancia de basaltos toleíticos oliviníferos o magnesianos (Mendoza, V. 2000).

Rocas del Supergrupo Pastora más el Grupo Botanamo son correlacionadas con aquellos CRV del Supergrupo Barama-Mazaruni de Guyana, el Grupo Marowijne y el Grupo Coeroni de Suriname, la Serie Paramaca (Grupos Orapú y Bonidoro) de la Guayana Francesa y el Grupo Vila Nova de Brasil (Sidder, W. y Mendoza, V. 1995) y el CRV de Parima-Caurame del Alto Orinoco-Surucucú de Brasil (Tassinari y

otros, 2.000). Los CRV más antiguos de Pastora son posiblemente correlacionables con CRV del Birrimian de Africa Occidental (Mendoza, V. 2000).

Basaltos komatíticos, komatítico-toleíticos y toleíticos espilitizados con estructuras de almohadillas predominan en la parte basal o inferior de los CRV de Guayana, seguidos en la parte intermedia por mayor predominio de rocas andesíticas y dacíticas (pórfidos andesíticos, dacitas, riocacitas y volcanoclásticas y piroclásticas equivalentes) sobre basálticas intercaladas con sedimentos mayormente pelíticos volcanogénicos y la parte superior está dominada por rocas turbidíticas (grauvacas, limolitas y lodolitas volcanogénicas), pelitas, tobas, cherts y volcanoclásticas, cerrando con areniscas cuarcíticas, filitas y conglomerados polimicticos, transicionales entre piriticos de color verdoso a no piriticos de colores rojizos (Mendoza, V. 2000).

La secuencia total supera los 11.000 m. de espesor. Rocas ultramáficas ocupan 1-2% de los antiguos CRV de Guayana, basaltos y rocas gabroides hasta un 75%, basandesitas y flujos de lavas andesíticas alrededor de un 15-17% y rocas volcánicas félsicas y piroclásticas un 8% (Renner y Gibbs, 1987, citados por Mendoza, V. 2005).

Rocas máficas-ultramáficas aparecen como intrusivas en la secuencia de los CRV, generalmente son complejos estratificados, que incluyen cúmulos de piroxenos y peridotitas asociadas a rocas gabroides con menores a ausentes anortositas, dioritas y cuarzo-dioritas. Estos complejos suelen estar tectonizados, metamorfizados y son pre-Transamazónicos, pero otros no muestran casi tectonismo ni metamorfismo y son post-Transamazónicos de la Suite Avanavero (Mendoza, V. 2005).

Los depósitos de oro en la Provincia Geológica de Pastora son tipo Orogénico y de buen modelo de formación de los mismos es postulado por Kerrich y otros (2000), citado por Mendoza, V. 2005; que sugiere que tales depósitos de oro orogénico ocurren sobre una zona de subducción debajo de un arco magmático, al final de la orogenia durante y después del cierre oceánico.

2.4.2 Grupo Carichapo

En este grupo se encuentran las rocas más antiguas de los cinturones de rocas verdes. Está integrada por las formaciones El Callao y Cicapra e infrayace de forma concordante a la Formación Yuruari (Mendoza, V. 2000).

2.4.2.1 Formación El Callao

Fue descrita por la primera vez en la zona de El Callao por (Korol (1965) y Menéndez, A. (1968), en Mendoza, V. 2000) los cuales la colocan en la porción inferior del Grupo Carichapo. Se encuentra integrada esencialmente por flujos basálticos, con poca concentración de potasio y efusiones de lava andesítica, generalmente con estructura almohadillada, presentando una relación transicional con respecto a la Formación Cicapra. El relieve representativo de esta formación es de colinas con crestas irregulares cuyas cotas varían entre 300 m y 800 m de altura, destacándose entre 100 m y 500 m sobre los terrenos adyacentes.

2.4.2.2 Formación Cicapra

El espesor de la secuencia se ha determinado en unos 2000m. La componen tobas andesíticas submarinas, grauvacas, turbidíficas y pizarras. Según Menéndez, A. (1972) también existen, aunque en menor cantidad, tobas líticas, aglomerados de tipo

volcánicos y pequeños espesores de esquistos porfidoblásticos actinolítico-biotítico-epidóticos-albíticos, comúnmente con bajo contenido de cuarzo. El relieve típico de estas secuencias es de terrenos muy planos, con suelos muy arcillosos, de tonalidades rojo vino.

2.4.2.3 Formación Yuruari

Descrita originalmente por Menéndez, A. (1968), litológicamente está representada por rocas epiclásticas de grano fino con estratificación fina, variando a laminar, así como turbiditas con areniscas feldespáticas y limolitas y arcillas negras. Se agrupan en paquetes de estratificación rítmica, de unos 50 m de grosor. A escala local se observan brechas tobáceas y filitas manganíferas, junto a tobas basálticas con dacitas intercaladas; pudiéndose localizar también lentes de esquistos clorítico-calcáreos. Espesor: unos 1000 m. La Formación Yuruari transiciona con la Formación Cicapra en algunos lugares. Según Menéndez, en dirección sur se omite Cicapra, contactando entonces, también transicionalmente, con la Formación El Callao. Con respecto a la suprayacente Formación Caballape, la relación es aparentemente discordante, probablemente tectónica. El relieve común sobre la Formación Yuruari es de colinas bajas y suelos de tipo residual arcillosos y rojizos, con un patrón rectangular en el drenaje.

2.4.3 Grupo Botanamo

De acuerdo a Benaim, N. (1972), citado por Mendoza, V. 2005; este nombre sirvió para designar a las formaciones Caballape y Los Caribes, que constituyen la parte más joven de los cinturones de rocas verdes y se encuentran de manera discordante sobre el Supergrupo Pastora.

2.4.3.1 Formación Caballape

Yace discordantemente sobre las rocas del Supergrupo Pastora y en general no son cortadas por intrusiones de granitos del tipo Complejo de Supamo, es decir que claramente son de edad post- Pastora y post- Supamo. El LEV (1997) publica una columna con granitos del complejo de Supamo reactivado en el Grupo Botanamo.

En la zona de El Callao- Tumeremo, Quebrada Caballape, aflora una buena sección de grauvaca gradada, limolitas y conglomerados (80%) con cantidades menores de tobas, brechas y flujos piroclásticos de composición andesíticas a riódacíticas que según Benaim, N. (1972) corresponde a la parte inferior o basal de la Formación Caballape. Esta secuencia fue intrusionada por sills de gabros y fueron conjuntamente plegados, replegados y metamorfizados con ella, como se observa en el desarrollo minero de McKenzie y Charles Richard (1975) de la mina aurífera Tomi, explotada a cielo abierto y localizado a unos 12 Km al Noreste de el Callao y próximo a la quebrada Caballape.

Day y otros (1995) y Salazar y Franco (1994), citados por Mendoza, V. 2005; establecieron que en el área de Anacoco, la Formación Caballape consiste de un 80% de flujo volcánico basálticos adacíticos, algunos con desarrollo de almohadillas, asociados a rocas piroclásticas y un 20% de brechas y grauvacas con intercalaciones de capas delgadas (1-5 cm de espesor) de argilitas lutitas.

2.4.3 Complejo Supamo

Incluye paragneises, esquistos, migmatitas y rocas graníticas tales como trondhjemitas, tonalita, y granodiorita. La cuarzo-monzonita y el granito que intrusionan a las rocas anteriormente descritas, así como a las del Supergrupo Pastora

han sido incluidas por algunos autores dentro del Complejo Supamo. Las rocas plutónicas del Complejo Supamo son masivas a foliadas y forman generalmente domos. El grado metamórfico en las rocas encajantes se incrementa desde esquistos verdes a anfibolitas dentro de los 6 kilómetros de exocontacto de los cuerpos intrusivos (Tabla 2.4).

Sobre las rocas graníticas se extiende una sabana que tiene pequeñas y redondeadas colinas y un patrón de drenaje dendrítico. El suelo es arenoso, con poca arcilla y presenta un color blancuzco. No son conocidos depósitos de minerales metálicos en las rocas del Complejo (Mendoza, V. 2005).

Según Moreno, L. y Mendoza, V. (1972, 1975) los granitas del Complejo de Supamo, generalmente, forman domos expandidos y arqueados contra los apretados y replegados sinformes de cinturones de rocas verdes (CRV), como los domos de El Manteco, Santa Justa y otros. Asociados a estas rocas existe una serie de plutones pequeños y pórfidos ricos en cuarzo

Tabla 2.4 Características litológicas de las unidades que afloran en los Cinturones de Rocas Verdes de Pastora (Mendoza, V. 2005)

	GRUPO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
	P R O V I N C I A D E P A S T O R A	INTRUSIVO	Complejo de Supamo	Rocas graníticas, intrusivas sodicas (tonalitas, trodjemitas, granodioritas, cuarzo-monzonitas, gneis y migmatitas)
GRUPO BOTANAMO			Formación los Caribes	Intercalación de filitas grises y verdosas que gradan a rojas y se interstratifican con areniscas rojas, con conglomerados polimicticos, limolitas y algunas tobas felsicas.
		Formación Caballape	Grauvacas gradadas, limolitas y conglomerados (80%) con cantidades menores de tobas, brechas y flujos piroclasticos de composición andesítica a riódacítica.	
S U P E R		Formación Yuruari	Rocas epiclásticas (filitas, esquistos, meta-limolitas y meta-areniscas); localmente: brechas tobáceas y lavas dacíticas. Metamorfismo regional, facies de los esquistos verdes (FEV) y localmente metamorfismo térmico, facies cornubianitas hornablendicas (FCH).	
		G R U P O P A S T O R A	Formación El Callao	Lavas basálticas, bajas en potasio y altas en hierro, a flujos de lavas andesíticos. Presentan metamorfismo regional, facies de esquistos verdes a anfibolíticas
			Formación Cicapra	Tobas basicas submarinas, grauvacas turbidíticas y limolitas volcánicas, tobas liticas, tobas brechoides, aglomerados volcánicos en el tope cherts verdes, con esquistos porfiroblasticos.
			Formación Florinda	Metabasaltos almohadillados, toleiticos-komatíticos.

2.4.4 Depósitos minerales en las rocas de las fajas de rocas verdes

Estas rocas contienen depósitos de vetas de cuarzo de bajo sulfuro con oro, hospedados en zonas de cizallamiento. Pertenecen a este tipo los depósitos de los distritos mineros de El Callao, Lo Increíble, y Botanamo. Las rocas metavolcánicas de la Formación El Callao son las rocas hospederas de mena aurífera más productivas de la parte venezolana del Escudo de Guayana, y de donde se han extraído más de 220 toneladas del metal. No obstante, todas las rocas verdes tipos distribuidas por toda esta área del Escudo, con excepción de aquellas que pertenecen a la Formación Los Caribes, son conocidas como hospederas de ese tipo de mineralización (Mendoza, V. 2005).

En el Kilómetro 88, el tipo de mineralización existente en las rocas verdes presenta otras características, tales como la manifestación en algunos lugares de espesores notables de material caolínico con sulfuros polimetálicos asociados y en otros de finas vetas de cuarzo con turmalina, no habiéndose definido aún el modelo a aplicar, aunque, concretamente para el caso de Las Cristinas, algunos especialistas han sugerido el de cobre porfídico con molibdeno y oro. Vuelvan Caras y Papayal son las únicas acumulaciones que se conocen en rocas graníticas (post Supamo) dentro de la parte venezolana del Escudo de Guayana (Mendoza, V. 2000).

2.4.4.1 Depósitos de oro

En orden decreciente de abundancia, los principales tipos de depósitos de oro en los Cinturones de Rocas Verdes (CRV) son vetas de cuarzo y carbonatos, bajas en sulfuros, con oro; depósitos de sulfuros diseminados, asociados a sulfuros masivos o a pórfidos de Cu-Au; stockworks; sulfuros masivos con oro; y vetas de cuarzo muy ricas en carbonatos. La mayoría de los depósitos de vetas de cuarzo-carbonatos-oro

se originaron hacia el final de la historia evolutiva de los CRV, aunque algunas pueden mostrar evidencias de multideformación y metamorfismo, que alcanzar hasta las etapas tempranas de los CRV (Mendoza, V. 2005).

Los modelos propuestos de formación de los depósitos de oro van desde orogénicos (hipo y mesozonales) para las vetas de cuarzo-carbonatos-oro, hasta tipos tales como los de sulfuros masivos con oro, epitermales (o epizonales) muy superficiales e intrusiones tipo pórfidos de Cu-Au (meso-epizonales) (Mendoza, V. 2005).

Más del 70% del oro producido en el mundo se ha extraído directa e indirectamente de CRV del Neoarqueozoico y del Paleoproterozoico. La distribución de oro expresada en Kg de Au/Km² de CRV es muy variable de un escudo a otro, pero en cierto modo, es proporcional al área ocupada por los CRV. Para Guayana se estima en 66 Kg/Km² de CRV (Mendoza, V. 2005)

2.4.4.2 Depósitos de oro en la Provincia Geológica Pastora

En el Escudo de Guayana el USGS-Tecmin (1993), citado por Mendoza, V. 2005; compilaron la existencia de más de 460 localizaciones mineras con alguna explotación aurífera. En el Escudo de Guayana no se localizan minas de edad Arqueozoico sino Paleoproterozoico, en su gran mayoría, y algunas pocas Meso y Neoproterozoicas. Anomalías geofísicas, geoquímicas, control estructural y litogeoquímico y la presencia o éxito de mineros informales son los principales parámetros utilizados en la localización de estas ocurrencias auríferas. El oro se presenta en muchas formas, pero las comunes son en tres tipos.

2.4.4.3 Los depósitos de vetas de oro orogénico

Son los más frecuentes en los CRV tipo Pastora y tipo Botanamo. Ellos parecen haberse originado hacia el final de la ovogénesis Transamazónica, en los estados finales de colisión de placas o cierres y se localizan relacionados a grandes zonas de suturas NE, tipo Guri y NW tipo Caura-Cabruta, aunque el tectonometamorfismo fue intermedio, es decir frágil-dúctil y facies de esquistos verdes. Las vetas de cuarzo aurífero tienen una estrecha relación con zonas de cizallas, domos, antifórmas, fallas inversas de ángulo alto, pórfidos y granitos intrusivos cercanos (Mendoza, V. 2005).

Las vetas de cuarzo aurífero orogénico intrusivos en los CRV son de bajo contenido en sulfuros, aunque en general el tenor se asocia con la abundancia y tipo de pirita presente, además de algunos minerales de alteración (ankerita y sericita, principalmente). Son muchísimos los ejemplos de este tipo, entre los que destacan las vetas de cuarzo aurífero de la Mina Colombia, de la Mina Chile-Isidora, de Botanamo, de la Camorra- San Rafael.

Las vetas de cuarzo aurífero orogénico emplazadas en zonas de cizallas se caracterizan por una alteración silico-carbonática-sericitico-piritica y se pueden localizar en diferentes tipos de roca caja del CRV: (Mendoza, V. 2005).

1. En rocas gabroides, como en Chocó, en Tomi, en Guariche.
2. En rocas volcánicas y tobáceas félsicas, como en Botanamo, El Foco, San Antonio, San Pollo, El Piñal.

3. En rocas volcánicas, tobáceas y pórfidos félsicos a dioríticos, como en Las Cristinas, Brisas del Cuyuní, Valle Hondo.

2.4.4.4 Los depósitos de pórfidos de oro y de oro-cobre

Se formaron en zonas de convergencia sobre zonas de subducción, en arcos de islas y en arcos magmáticos más preferentemente. La mineralización aurífera ocurre en y alrededor de los pórfidos, generalmente de composición diorítica a granodiorítica, emplazadas a niveles subvolcánicos en los CRV y comagmáticas y coevales con las rocas volcánicas andesíticas y dacíticas. Tales depósitos se relacionan con fallas o alineamientos tectónicos regionales, paralelos a la antigua zona de subducción. Las Cristinas es interpretado como un depósito modelo pórfido de oro-cobre, similar en cierto modo a Omai, Valle Hondo. No obstante en Las Cristinas, más del 30% del oro está en vetas de hasta con 1 m de ancho y 10 ó más g/t Au. (Mendoza, V. 2005).

2.4.4.5 Tipos de depósitos en Las Claritas-Km 88

La mineralización de metales preciosos ocurre en una variedad de ambientes geológicos y estructurales caracterización por diferentes estilos de mineralización. Los depósitos se pueden clasificar en diferentes tipos de mineralización. Estos incluyen (Mendoza, V. 2005).

1. Depósitos de oro-cobre en zonas de cizallas contenidas en secuencias de rocas piroclásticas intermedias (depósitos de Conductora-Cuatro Muertos y Potaso).

2. Depósitos de oro-cobre paralelos a la foliación, caracterizado por lentes macizos de sulfuros (depósitos Córdova-Cantera).

En su globalidad las características de los depósitos minerales encontrados en Las Claritas-Km 88 no son como la mayoría de los depósitos de oro encontrados en otras partes de Venezuela y pueden ser caracterizados en términos generales por tener afinidades tanto con depósitos asociados como son zonas de cizalla como depósitos relacionados con pórfidos auríferos (Mendoza, V. 2005).

2.5 Geología local

Las rocas presentes en el zona están representadas por el cinturón de rocas verdes (CRV) y granitos de edad Proterozoica, la estratigrafía en el kilómetro 88 consiste en secuencias de rocas metavolcánicas y metasedimentarias del Proterozoico inferior que buzanan al oeste. Esta sección que buza al oeste se considera el flanco este de un sinclinal, con el tope estratigráfico hacia el oeste (Mendoza, V. 2005).

Las rocas metavolcánicas son unidades piroclásticas de composición intermedia. La mayoría de esta litología a nivel local esta constituidas por tobas líticas y cristales unidos débilmente o sin unir. Las rocas metasedimentarias son relativamente escasas y por lo general están intercaladas en la secuencia metavolcánicas. Estas unidades están estratificadas con niveles muy finos, probablemente compuestas por cenizas volcánicas (Mendoza, V. 2005).

Diversos tipos de rocas intrusionan al conjunto estratigráfico, postulándose contemporáneas de carácter comagmáticos, con los niveles volcánicos. Una de las unidades intrusivas más prominentes es una brecha con turmalina. La brecha turmalina intrusiva contiene clastos de composición intermedia a félsica volcánica y

posiblemente roca intrusivas entre parcial y totalmente reemplazadas por turmalina y cuarzo. La matriz de la brecha de turmalina intrusiva está compuesta por sílice masiva, turmalina de grano muy fino y minerales sulfurosos. Tanto el oro como el cobre están asociados con estas brechas. Los diques de composición aplítica a monzonítica están asociados espacialmente con estas brechas (Mendoza, V. 2005).

En la base de la secuencia estratigráfica se reconoce una intrusión diorítica. Esta intrusión generalmente es masiva con poco desarrollo y foliación. Dentro de este tipo de roca se han identificados concentraciones de oro y cobre. Los diques gabroides a dioríticos del Proterozoico en el área tiene una tendencia noreste y noroeste en una patrón conjugado y parecen haber intrusionado a lo largo de las estructuras post mineralizadas, generalmente, estos diques son estériles (Mendoza, V. 2005).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los trabajos de carácter regional de mayor relevancia para el área investigada son los de Benaim, N. 1987; J.C. Wynn, D. P. Cox y otros, 1993; Sidder y Mendoza, V. 1995. El sector objeto de estudio posee un lugar importante para la actividad minera desde las primeras décadas del siglo XX, lo cual ha posibilitado que se hallan ejecutado diversos trabajos geológicos por compañías extranjeras o nacionales, de los cuales casi su totalidad se desconocen los datos esenciales obtenidos.

En la década de 1990 las compañías Queenstake Resources Ltd. e inversiones Disoluc C.A. realizaron explotación de aluviones auríferos de Las Cristinas

Venezuelan Goldfield realizó un proyecto geológico-geoquímico de superficie en una malla de muestreo de 200 m x 50 m; en la totalidad del área de la concesión de Oro I, en la que se definieron algunas anomalías geoquímicas de oro y cobre.

Promiven (PMG) efectuó un estudio geológico del aluvión de la Quebrada Amarilla en una malla de muestreo de 200 m x 50 m; en la que evaluó los diferentes horizontes sedimentarios.

Queenstake de Venezuela presentó propuesta de proyecto para una mina de explotación de arena aurífera en la concesión de Bizkaitarra, Venezuela. Agosto 1992.

Seguidamente, Queenstake de Venezuela realizó una exploración geológico-geoquímica de suelos de la concesión Bizkaitarra en una malla de 200 m x 50 m.

En las parcelas IA-11 y IA-01 se han realizado trabajos de exploración, mediante perforaciones diamantinas en los años 1994-1995 (Crystallex) y 2004 (Minera MS). De la primera no se tiene resultados y de la segunda hay algunos resultados pero incompletos

INGEOMIN realizó estudios geológico-geoquímicos (muestreo de suelo, rocas y reconocimiento geológico) en el sector Bizkaitarra en el año 2004, los cuales sirvieron de base para la realización de este trabajo

Mendoza, V. (2005), afirma que el oro en Las Cristinas se encuentra generalmente en estado libre y en las fracturas de los sulfuros (pirita y calcopirita), asociado en el depósito Conductor- cuatro Muertos (con más de 270 Mt con 1.16 g/t Au y 0.12% Cu), a zonas de intensa cizalla de dirección N10°-30°E, 45°-60°SE o trend Cristina, con alteración carbonático-epidótico en más de 60% del volumen de las menas y alteraciones potásicas (biotita), en más de 20% del volumen de las menas (generalmente saprolíticas).

Luna, Amílcar en el año 2010, realizó la caracterización geológica y estructuralmente al sector minero de Carabobo. Km 88. Las Claritas, Municipio Sifontes, estado Bolívar.

Flores, García Luz María en el año 2010, trabajó sobre la exploración Geológica para el elemento oro en el sector Bizkaitarra ubicado en Las Claritas Km 88, Municipio Autónomo Sifontes estado Bolívar.

Por otra parte, Califano, Katherine y Dasilva, Ligia en el año 2010 desarrollaron el trabajo de grado titulado Caracterización geológica - estructural, del Sector “Carabobo” ubicado en Las Claritas Km 88, Municipio Autónomo Sifontes estado Bolívar.

Los otros depósitos como Mesones-Sofía-Morrocoy-Córdova-Hoffman, las mineralizaciones de oro están asociados a zonas de cizalla de dirección N40°W, 80°SW trend Morrocoy, en forma de vetas, vetillas y brechas piroclásticas e intrusivas, con zonas de alteración sericitica y en particular turmaliníferas. En este trend Morrocoy abundan más los sulfuros y las menas son de más alto tenor de oro. Ambos trenes están separados por la falla de la Quebrada Amarilla de rumbo N50°E

Estos apòrtes nos permitieron conocer datos geológicos importantes de los cuales no terniamos conocimiento los cuales fueron, muestreo del suelo, rocas y reconocimiento geológico que nos permitio conocer el estado y comportamiento del terreno, usamos la imagen de radar para actualizar cartografía, geología estructural y geomorfología ya que las imágenes de radar demuestran ser herramientas de gran utilidad en la prospección y exploración minera, con ventaja de reducir los costos en los trabajos exploratorios.

3.2 Definición de términos básicos

3.2.1 Geomorfología

“La Geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre y sus procesos de formación. El nombre deriva de tres palabras griegas, geo (tierra), morfé (forma), logos (estudio). Constituye una de las partes de la Geografía Física o Fisiografía. La superficie de la Tierra está constituida por multitud de formas

diferentes que, descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente. La conjunción de estas formas en un área determinada es lo que confiere un carácter específico a los diversos paisajes que conforman el escenario de la actividad humana (Jáuregui, L. 2001).”

Aparte del aspecto puramente científico y especulativo que el estudio de las formas del relieve y de los paisajes pueda tener, es también de suma importancia el papel que la corteza terrestre y su relieve ejercen en el asentamiento y actividad humana, por su carácter de obstáculo o abrigo, de tierra resistente o frágil, etc. Para el estudioso, en cambio, la contemplación del paisaje va más allá del placer estético o del interés económico, y le lleva a preguntarse el porqué de la conformación y dinámica de un lugar determinado, el cómo, el cuándo y el dónde de la ocurrencia de los procesos que lo han generado, a discernir las leyes de su distribución espacial. La especialidad científica que se ocupa del estudio de las formas del relieve es la Geomorfología (Jáuregui, L. 2001).

3.2.2 Sistema de Información Geográfico (S.I.G)

Un Sistema de Información Geográfica "S.I.G. o G.I.S.", es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información (Jáuregui, L. 2001).

S.I.G. es una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos y programas, que permiten manejar una serie de datos espaciales

y realizar análisis complejos con estos. Viene del acrónimo Sistema de información Geográfica (Jáuregui, L. 2001).

El S.I.G funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía (Jáuregui, L. 2001).

La razón fundamental para utilizar un S.I.G es la gestión información espacial, el sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Jáuregui, L. 2001).

3.2.3 Generalidades de los software ArcGis y Surfer

3.2.3.1 Software ArcGis

ArcGIS es un programa informático producido y comercializado por el Environmental Systems Research Institute (ESRI), que agrupa varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Algunas de las últimas ediciones de ArcGIS son las herramientas ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe (Cartoteca Rafael-Mas, 2011).

1. *ArcMap*: Es la aplicación central para visualización y manipulación de datos geográficos” (Cartoteca Rafael-Mas, 2011).

2. *ArcCatalog*: “Es la aplicación que se utiliza para gestionar los archivos a utilizar: mapas, bases de datos etc. Ayuda a organizar la información geográfica y es imprescindible para mantener nuestros datos en orden” (Cartoteca-Rafael Mas, 2011).

3. *ArcToolBox*: Sirve para realizar operaciones de procesamiento de información geográfica: análisis de datos espaciales, conversión de formatos, gestión de datos y muchas más operaciones. También se puede mencionar la herramienta *ArcScene*, la cual permite visualizar datos en 3D (Cartoteca-Rafael Mas, 2011).

4. *Shapefile*: Un shapefile es un formato de almacenamiento de datos vectoriales de ESRI para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Se almacena como un conjunto de archivos relacionados y contiene una clase de entidad. Los shapefiles suelen contener grandes entidades con muchos datos asociados, y tradicionalmente se han utilizado en aplicaciones de escritorio de SIG, como *ArcGIS for Desktop* y *ArcGIS Explorer Desktop*” (Environmental Systems Research Institute) (Cartoteca-Rafael Mas, 2011).

3.2.3.2 Software Surfer

Surfer es un software completo para la visualización en 3D, la creación de isolíneas, y el modelado de superficies que se ejecuta bajo Microsoft Windows. Surfer se utiliza ampliamente para el modelamiento 3D del terreno, modelamiento batimétrico, la visualización del paisaje, análisis de superficies, cartografía de curvas de nivel, la cartografía de superficie 3D, grillado, la volumetría, y mucho más (GeoSoluciones, 2013).

3.2.4 Modelo digital de Elevación (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).

3.2.5 Modelo Digital de Terreno

Se puede definir un Modelo Digital de Terreno (DTM), como una representación digital continua del relieve en el espacio tridimensional, el mejor ejemplo que sirve para describir un modelo digital de terreno (Cartesia, 2008).

3.2.6 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 (Bercha Group Calgary, 1993).

3.2.7 Principales patrones de drenaje

(Tarbuck, E. 2005) Todos los sistemas de drenaje están compuestos por una red interconectada de corrientes que, juntas, forman modelos concretos. La naturaleza de un modelo de drenaje puede variar mucho de un tipo de terreno a otro, fundamentalmente en respuesta a los tipos de rocas los cuales se desarrolla la corriente o al modelo estructural de fallas y pliegues.

El modelo de drenaje encontrado con más frecuencia es el modelo dendrítico. Este modelo se caracteriza por una ramificación irregular de las corrientes tributarias que recuerda al modelo ramificado de un árbol caducifolio. De hecho, la palabra dendrítico significa “semejante a árbol”. El modelo dendrítico se forma donde el sustrato de la roca subyacente es relativamente uniforme, como en estratos sedimentarios planos o rocas ígneas masivas. Dado que el material subyacente es esencialmente uniforme en su resistencia a la erosión, no controla el flujo de la corriente. En cambio, el modelo viene determinado fundamentalmente por la dirección de la pendiente del terreno.

El modelo rectangular se caracteriza por poseer muchos recodos en ángulo recto. Este modelo se desarrolla cuando el sustrato rocoso está entrecruzado por una serie de fallas y diaclasas. Dado que esas estructuras son erosionadas con mas facilidad que la roca no fracturada, su modelo geométrico orienta la dirección de las corrientes a medida que excavan sus valles.

El modelo de drenaje de red enrejada es un modelo rectangular en el cual los afluentes son casi paralelos entre sí y tiene el aspecto de un jardín enrejado. Este modelo se forma en áreas donde subyacen bandas alternativas de rocas resistentes y

menos resistentes, y está particularmente bien desarrollado en los Apalaches plegados americanos, donde estratos débiles y fuertes afloran en cinturones casi paralelos.

3.2.8 Combinaciones de bandas

Las combinaciones posibles entre bandas en el sistema Landsat TM alcanzan a 210, cada una de ellas tiene sus particularidades y sus ventajas. Cada intérprete tiene sus preferencias y reconoce propiedades, a veces de forma subjetiva, a algunas fórmulas establecidas. Se presentan algunos ejemplos en la tabla 3.1. (Bercha Group Calgary, 1993).

Con el tiempo el uso de la banda 7 ha ido ganando su espacio en la exploración geológica, especialmente, en terrenos desérticos. Alguna de las combinaciones RGB más comunes son 7-4-1, 7-5-3, 7-5-2, 7-4-2, donde representan bien las estructuras y diferentes unidades geológicas, la discriminación litológica se lleva a cabo mediante el análisis de tonalidades, texturas y aplicaciones propias del procesamiento, también se resaltan muy claramente los lineamientos estructurales y se pueden describir los vectores de comprensión en un área. En superficies con predominancia en vegetación se ha usado 4-3-2, 5-3-2, 7-3-2, y 4-5-3, ver tabla 3.1 (Bercha Group Calgary, 1993).

3.2.9 Imagen de radar

Las imágenes de radar tienen un aspecto similar a las fotografías aunque su interpretación es muy diferente, los radares son sistemas activos ; la escena que se va a fotografiar se ilumina, no con luz sino con señales electromagnéticas de una longitud de ondas de microondas determinadas.(Eduspace, 2023).

3.2.10 Caracterización geológica

La caracterización geológica se centra en definir cualitativa y cuantitativamente parámetros de la formación, los cuales se basan en información estática y dinámica que se obtiene a través de análisis geológicos y diversas pruebas. En la actualidad, uno de los principales objetivos de la industria petrolera es lograr la caracterización detallada de los yacimientos para definir los modelos estático y dinámico representativos que describan la heterogeneidad de los yacimientos.(Cruz, 2019).

Tabla 3.1 Aplicaciones más comunes de cada banda. (Bercha Group Calgary, 1993)

BANDA 1 (0.45-0.52, μM)	-Separación de suelos y vegetación azul-verde. -Distribución de sedimentos en el agua.
BANDA 2 (0.52-0.60 μM)	-Vigor de la vegetación (salud), verde-rojo. -Formas culturales, turbidez en aguas.
BANDA 3 (0.60-0.69 μM)	-Absorción clorofiliana -Discriminación de vegetación. rojo
BANDA 4 (0.76-0.90 μM)	-Estimar cantidad de biomasa. -Acumulación de materia orgánica -Delimitar cuerpos de agua. Infrarrojo cercano.
BANDA 5 (1.55-1.75 μM)	-Presencia de humedad en vegetación y suelos. -Distinguir nieves y nubes. -Masa de agua en las hojas. Infrarrojo medio
BANDA 6 (10.14-12.5 μM)	-Sensible a la temperatura de la superficie terrestre. -Localizar puntos de actividad. -Geotérmica. Infrarrojo lejano.
BANDA 7 (2.08-2.35 μM)	-Análisis de los niveles de estrés de las plantas. Infrarrojo medio. -Discriminación de formaciones rocosas.

3.2.11 Reinterpretación

Dar una interpretación nueva o diferente. (Cruz, 2019).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipos de investigación

Este proyecto de investigación está enmarcado dentro de los parámetros de investigación del tipo exploratoria y descriptiva.

4.1.1 Investigación descriptiva

Según Arias, F. (2004), la investigación descriptiva “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.

El tipo de investigación empleado en el siguiente trabajo es de tipo descriptiva, ya que, la información requerida se investigó y recopiló en libros o bibliografías, trabajos previos referentes a este tema, tales como informes de avance de las hoja cartográfica NB-20-8 de C.V.G TECMIN; manuales de los programas Global Mapper v.16 y ArcGIS 10, guías de interpretación y análisis de imágenes Landsat y de radar. Se obtuvo la información cartográfica del área de estudio, disponible en las instituciones de INGEOMIN y C.V.G TECMIN.

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 aplica una investigación exploratoria, ya que se basa en conocer las condiciones del área usando tecnología satelital, sin necesidad de ir a campo.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación se clasifica como documental.

4.2.1 Diseño documental

Según Arias, F. (2006), la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales”.

Este estudio presenta un diseño documental en el que se efectúa en primer lugar una recopilación e interpretación de información bibliográfica basadas en las corrientes teóricas. En segundo lugar, la recopilación y reinterpretación de la información cartográfica es proporcionada por los mapas topográficos y geológicos existentes, la cual es necesaria para tener una visión espacial del área y evaluar las estructuras geológicas observadas.

4.3 Población de la investigación

Según Morales, V. (1994) “la población se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos u unidades (personas, instituciones o cosas involucradas en la investigación”.

Para el estudio en consideración, la población o universo está definida o representada por un conjunto de datos topográficos, satelitales y cartográficos de la imagen de radar NB-20-8 obtenida en el año 2016.

4.4 Muestra de la investigación

Según Morales, V. (1994) “la muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población”.

En nuestro estudio la muestra abarca específicamente toda la información interpretada de geología, geomorfología y estructuras dentro de la imagen NB-20-8, escala 1:250.000.

4.5 Técnica e instrumentos de recopilación de datos

Son los diferentes procesos y herramientas usadas por el investigador para almacenamiento y resguardo de la información.

4.5.1 Técnica de recopilación de datos

Arias, F. (2006) define la técnica como “Un instrumento de recolección de datos de cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”.

En esta investigación se hizo de forma indirecta mediante un análisis documental de bibliografías, publicaciones en internet y trabajos previos. También se hizo una reinterpretación de las imágenes de satélite para la realización de mapas.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que utilizamos para realizar esta investigación fueron: lápiz, libreta de campo, mapas, imágenes satelitales de Google Earth, papel de acetatos y marcadores de varios colores.

4.6 Etapas de la investigación

En el presente estudio se elaboró un flujograma sistematizado que representa las etapas, que son descritas en el diseño de la investigación, en atención a las actividades y objetivos planteada (Figura 4.1).

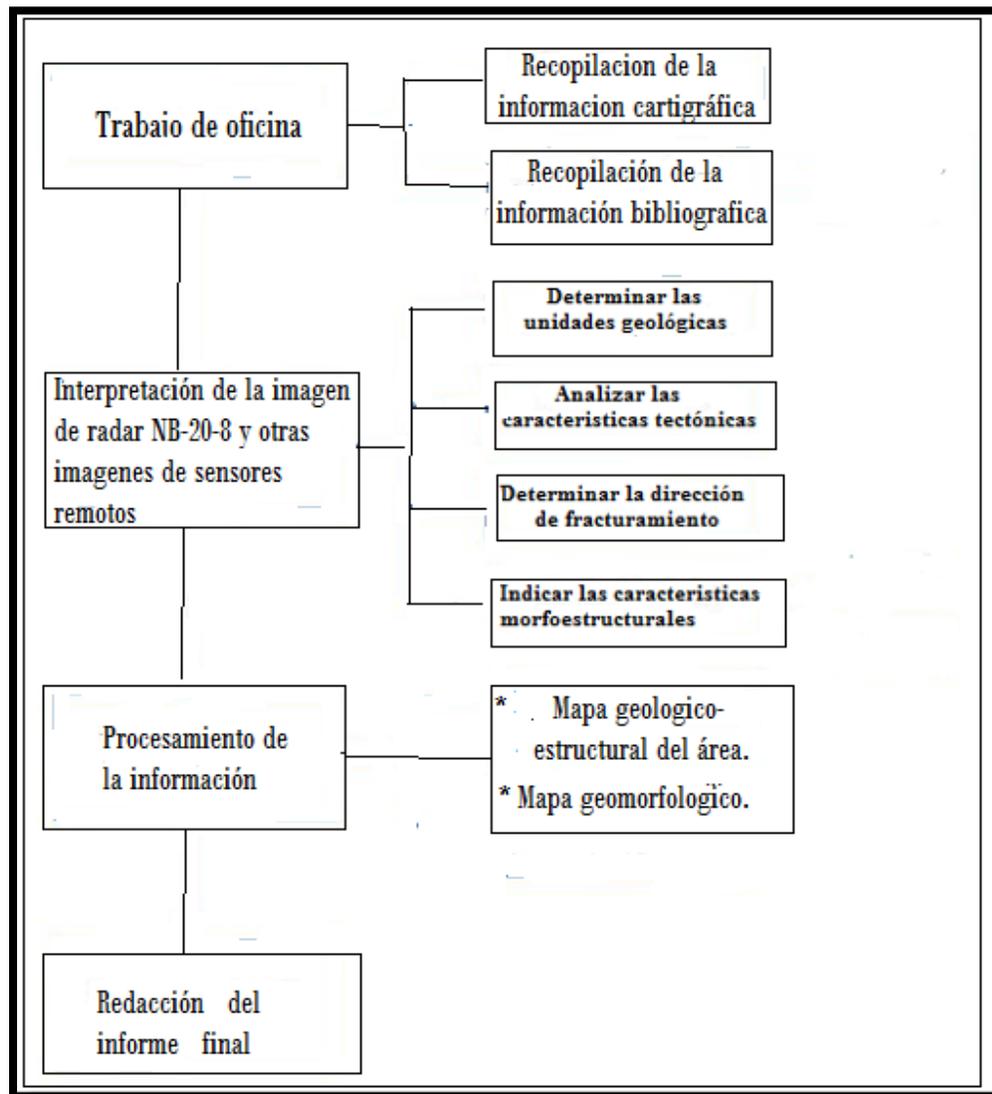


Figura 4.1 Flujograma de la metodología aplicada en la presente investigación

4.6.1 Etapa I Trabajo de oficina

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

4.6.1.1 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 en la biblioteca de la Universidad de Oriente la literatura previa del área (trabajos de grado, trabajos de investigación e internet) (Figura 4.2).

4.6.1.2 Información cartográfica

En cuanto a la información cartográfica se utilizó como base la imagen radar NB-20-8, a escala 1:250.000, correspondiente al tramo km 67-km 90, carretera el Dorado-Santa Elena de Uairén. Municipio Sifontes. Estado Bolívar, de igual forma, se usó la imagen de radar NB-20-8, la imagen del software Google Earth 2016.



Figura 4.2 Revisión de la información disponible referente a la zona minera de Las Claritas-Km 88

4.6.2 Etapa II Interpretación de las imágenes

Esta etapa comprende la descripción visual y manejo de las imágenes de radar y de satélite.

4.6.2.1 Análisis visual de las imágenes de satélite

En esta etapa se realizó la interpretación visual de la imagen satelital NB-20-8 a escala 1:250.000, donde se aplicaron los criterios de percepción visual y reconocimiento, tales como textura, tonalidades, continuidad de elementos, asociación, entre otros, haciendo énfasis en el realce de la información geológica y estructural (Figura 4.3).

De la figura 4.3 se observa que la imagen satelital es de mala calidad, con mala resolución hacia el SW, además de la alta nubosidad hacia la parte central. En resumen podemos decir que el 60 % es interpretable.



Figura 4.3 Imagen satelital NB-20-8, bandas 6 y 7 a escala 1:250.000 (Google Earth, 2016)

También se visualizó la imagen de radas NB-20-8, donde el área de estudio representa el 15 % (Figura 4.4).

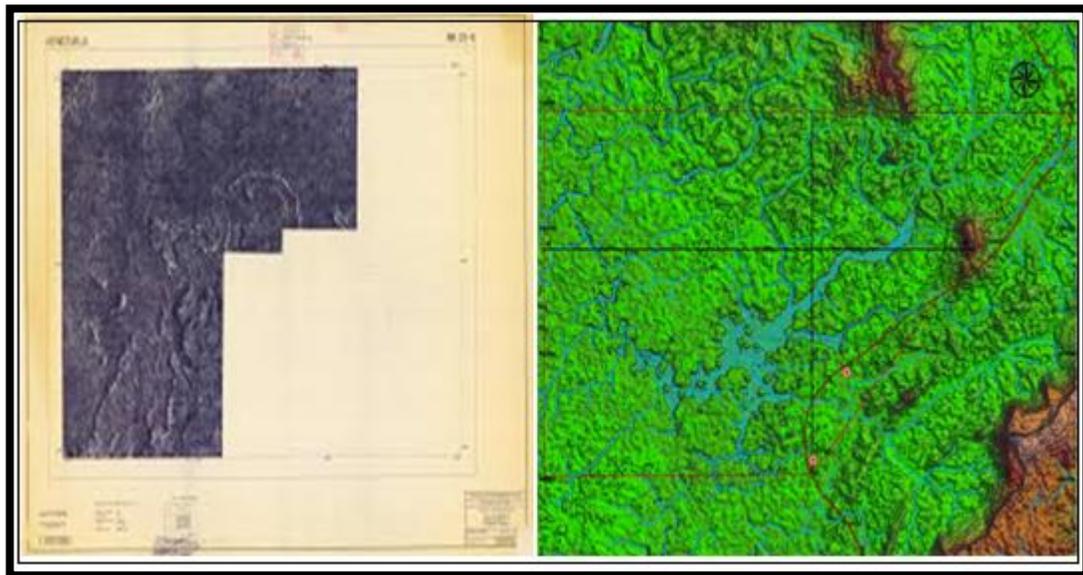


Figura 4.4 Imagen de radar NB-20-8 a escala 1:250.000 e imagen satelital a escala 1:100.000

4.6.2.2 Interpretación de elementos en las imágenes

Esta etapa consistió identificar los elementos necesarios para la elaboración de diversos mapas cuyo análisis sirvió de base para la redacción del informe final(figura 4.6).



Figura 4.6 Delimitación de las diferentes unidades litológicas basado en los patrones de interpretación

4.6.2.3 Determinación de las unidades litológicas

Para la determinación de las unidades litológicas, primero se hizo la revisión visual de la imagen satelital “Copernicus” de la NASA, hoja NB-20-8, a escala 1:250.000. Luego se procesó la imagen con el programa SURFER, para obtener las curvas de nivel del mapa topográfico base, con curvas de nivel cada 20 m (Figura 4.5).

Seguidamente se hizo el diseño del mapa litológico con el programa computarizado ArcGis 2017. A continuación se aplicaron las técnicas de interpretación para cada litología, tales como color, textura, drenaje, relieve, fracturamiento (Figura 4.5).

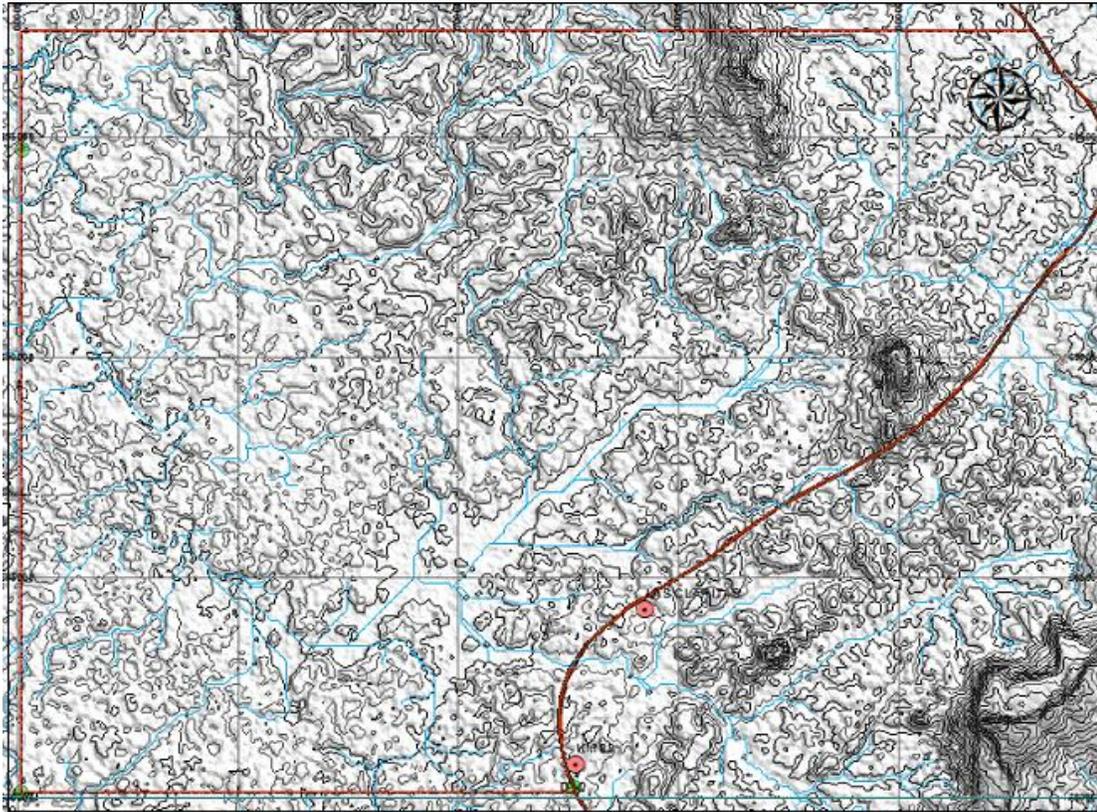


Figura 4.5 Mapa topográfico de la zona a partir de la imagen satelital “Copernicus” de la NASA, NB-20-8, hoja N° 7924 (2016)

En las Tablas 4.1 a 4.4 se resumen las características visuales resaltantes de cada unidad litológica.

Tabla 4.1 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas volcánicas (C.V.G. TECMIN, (1987))

Relieve	Positivo, Homogéneo, uniforme, con direcciones preferenciales de estructuras
Patrón de Drenajes	Rectangular en las zonas de pocas fracturas y angular en las zonas con control estructural por fracturamiento
Afloramientos	Poca densidad de afloramientos y muy descompuestos por el intemperismo
Tonos	Predomina el gris claro, en las zonas fracturadas se vuelve más oscuro debido al aumento de humedad por el drenaje
Textura	Rugosa

Tabla 4.2 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas graníticas (C.V.G. TECMIN, (1987))

Relieve	Positivo, homogéneo, en forma de lomeríos
Patrón de Drenajes	Dendrítico y de carácter intermitente en las zonas de pocas fracturas y rectilíneo en las zonas con control estructural por fracturamiento.
Afloramientos	Densidad buena a muy buena.
Tonos	Predomina el morado pálido, en las zonas fracturadas se vuelve más oscuro debido al aumento de humedad por el drenaje.
Textura	Rugosa muy fracturada.

Tabla 4.3 Cualidades observadas en la imagen satelital de las rocas intrusivas máficas(C.V.G. TECMIN, (1987))

Relieve	Positivo, homogéneo, en forma tabular
Patrón de Drenajes	Rectilineo a través de fracturas.
Afloramientos	Densidad buena a muy buena y afloramientos frescos.
Tonos	Predomina el morado pálido.
Textura	Lisa.

Tabla 4.4 Cualidades observadas en la imagen satelital de los aluviones(C.V.G. TECMIN, (1987))

Relieve	Negativo, de forma irregular siguiendo el drenaje de las quebradas.
Drenajes	Drenaje con control tectónico, rectilíneo.
Afloramientos	Mezcla heterogénea de sedimentos, debido a la forma de explotación y desprovista de vegetación
Tonos	Predomina color mostaza.
Textura	Lisa.

4.6.3 Etapa III Procesamiento de la información

En esta etapa, los mapas temáticos generados fueron el mapa topográfico, el mapa geológico-estructural de superficie y el mapa geomorfológico. En este paso se vectorizaron los arcos o líneas correspondientes a las estructuras geológicas interpretadas, las cuales corresponden a patrones lineales resaltantes. Se usaron cuatro (4) programas: Surfer, ArcGis 2017, Global Mapper v.16 y Google Earth 2020

4.6.3.1 Elaboración de la columna litoestratigráfica

En la región comprendida entre el km 67 al km 90 aflora una buena sección de un CRV. Para la elaboración de la columna litoestratigráficas de éste CRV, se siguió la clasificación propuesta por Menéndez, A. (1968) y actualizado por Mendoza, V. (2012).

4.6.3.2 Elaboración de mapa geomorfológico

Para elaborar el mapa geomorfológico se tomó como base la Imagen satelital “Copernicus” de la NASA, hoja NB-20-8, a escala 1:250.000, hoja NB-20-8.

Consecutivamente esta imagen se procesó con el programa computarizado Global Mapper, lográndose el modelo de relieve del área de estudio y la obtención de 2 perfiles topográficos.

A continuación se sobrepuso un papel de acetato y con un marcador indeleble se delimitaron todas las unidades geomorfológicas, usando como referencia las curvas de nivel.

Seguidamente en papel se delimitaron estas unidades geomorfológicas y se envió el plano borrador resultante al dibujante (Figura 4.7).



Figura 4.7 Delimitación de las topoformas presentes en la Imagen satelital “Copernicus” de la NASA, hoja NB-20-8

Los criterios usados para describir las topoformas fueron los propuestos en la Tabla de composición de las unidades cartográficas de la empresa C.V.G TECMIN, año 1987 (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Algunos elementos de la tabla de composición de las unidades cartográficas de C.V.G. TECMIN, (1987)

Unidad geoestructural	Sistema Geomorfológico	Paisaje	Tipo de Relieve
Zócalo	Estructural	Montaña	Cresta
	Erosivo	Lomerío	Loma Vega
	Deposicional	Valle	Llanura aluvial

4.6.4 Etapa IV Redacción de informe final

Esta etapa del trabajo se desarrolló mediante la integración de la información obtenida en oficina. 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.

Una vez culminadas todas las etapas que conforman la metodología de trabajo, y luego de examinar los análisis de los resultados, cumpliendo con los objetivos establecidos, se llevó a cabo la organización del informe final, cumpliendo con las normas establecidas en el “Manual para la elaboración de trabajos de grado de la Universidad de Oriente” (2011).

4.6.4.1 Conclusiones y recomendaciones

Una vez recopilada, procesada, y analizada la información generada en base a los objetivos propuestos, se procedió a determinar todos los elementos característicos; documentales e interpretación de los resultados. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones: conclusiones respectivas que se ha generado en la investigación, así como las recomendaciones a considerar a la hora de realizar trabajos similares.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la interpretación satelital y a la revisión visual de las imágenes, se cartografiaron las unidades litológicas, las estructuras geológicas, la litoestratigrafía y se clasificaron las topoformas.

5.1 Interpretación de las características litológicas y su representación en un mapa

De acuerdo a la visualización y caracterización de la imagen satelital se diferenciaron 4 litologías de las cuales se describen según su cronología de base a tope según la columna litoestratigráfica mostrada en la figura 5.4.

5.1.1 Unidad de rocas volcánicas

En la zona se cartografiaron dos conjuntos de rocas volcánicas que se interpretaron como un cinturones de rocas verdes (CRV) diferenciado. Se ubica geográficamente en la parte central del mapa, cubriendo un área de 70 %. Esta constituido por rocas basálticas, diferenciados por el color, textura, rasgos estructurales y geomorfológicos, los cuales se ubican en la parte basal.

A esta primera porción del CRV se le ha dado el nombre informal de CRV del Km 88, parte superior y está representado por: lavas basálticas- andesíticas de color verde, gris verdoso y verdes con tonalidades negras a veces almohadillas, masivas a foliadas, meta- andesitas, sills félsicos.

La segunda porción formado por rocas volcanoclasticas se denomina informalmente CRV del Km, 88, parte inferior, formado por: tobas y brechas piroclásticas, tobas lítico cristalinas basálticas y cuarzo- andesíticas.

Estas rocas volcánicas del Km 88 se reconocen en campo por presentar un horizonte saprolítico, altamente intemperizado y muy oxidado, y que en algunas perforaciones puede llegar hasta 30 m (Figura 5.1). Este cinturón fue intrusionado concordantemente por las rocas graníticas del Complejo de Supamo y alcanzaron el grado metamórfico de la facies de la anfibolita, en el contacto y la facies de los esquistos verdes a medida del alejamiento del contacto.

Actualmente la alteración y descomposición de las rocas volcánicas permiten que sean disgregadas por los monitores hidráulicos para la extracción de oro primario, en estas zonas suele mostrarse el caolín en sus tonalidades beige, gris y blanco (figura 5.2).

5.1.2 Rocas Graníticas del Complejo Supamo

En la unidad se ubica en forma irregular hacia el este del área de estudio y una pequeña porción hacia el oeste abarcando el 8 %.

La relación estratigráfica con las demás unidades presentes, es de intrusión en las rocas verdes, comprimiéndolos, plegándolos, removilizando y redepositando los fluidos ricos en oro.

5.1.3 Unidad de intrusivos máficos

Los intrusivos máficos representan el 2 % del área. En el mapa obtenido los cuerpos intrusivos presentan una coloración marrón textura lisa, drenaje rectangular, relieve positivo

5.1.4 Unidad de aluviones

Representan los sedimentos recientes compuestos por material disgregado proveniente de distintos afloramientos rocosos que han sido transportados por el agua. Esta unidad se encuentra en las adyacencias de los diferentes cuerpos de aguas presentes en el área de estudio que serán descritos en el apartado 5.3.

Nota: Para mejor visualización y comprensión de las unidades descritas anteriormente se sugiere revisar el anexo 1 mostrado al final de este trabajo.



Figura 5.1 Horizontes saprolíticos alterados y muy oxidados, trabajados actualmente con métodos mecanizados



Figura 5.2 Zona de moteada y alterada a caolín de color beige, gris y blanco



Figura 5.3 Imagen satelital del año 2021, donde se observa al norte de Las Claritas los cauces de agua desbastados (Incluyendo los aluviones del río Cuyuni) por la actividad mediante el uso de monitores hidráulicos.

5.2 Representación de la columna litoestratigráfica del área

Para la representación del orden cronológico de las unidades litológicas interpretadas en la zona, se siguió la metodología aplicada por Menéndez, A. (1987) a los CRV que afloran desde Guasipati hasta El Callao.

Según los datos de las perforaciones de empresas internacionales antiguamente instaladas en la zona, hasta la profundidad de sondeos se ha perforado la parte media de lo que llamaremos informalmente el CRV de Las Claritas-Km 88.

La base de la columna litoestratigráfica está formada por una secuencia de rocas piroclástica de Tobas y Brechas. Suprayacente y en contacto concordante se describen lavas basálticas.

En contacto intrusivo discordante podemos mencionar las rocas plutónicas-graníticas tipo Complejo de Supamo y más tarde, la intrusión de cuerpos intrusivos máficos. Concluye la secuencia los aluviones derivados de la desintegración física y mecánica de las rocas drenadas por los cauces de agua de quebradas y ríos de la zona (Figura 5.4).

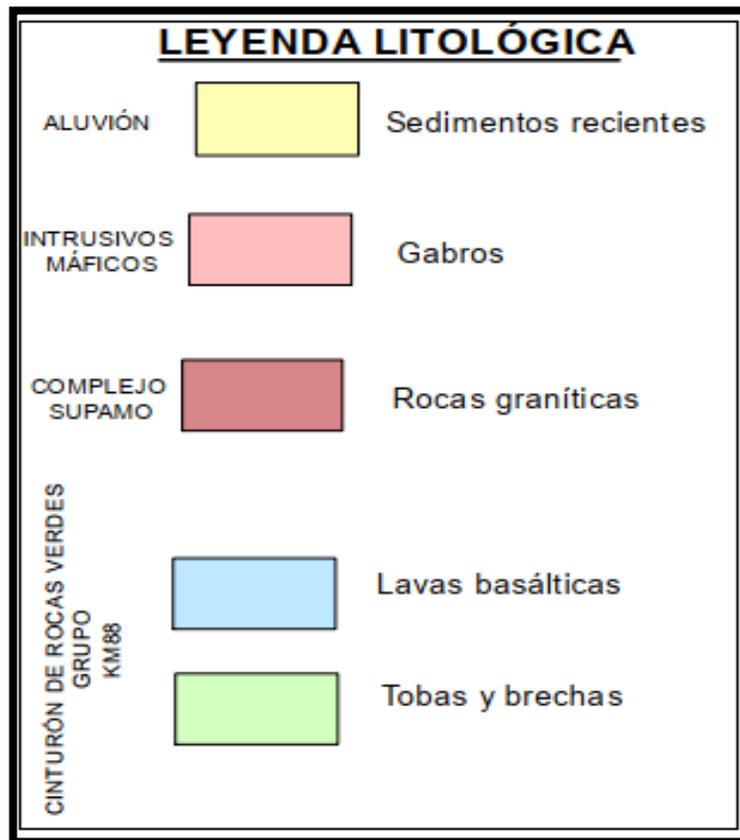


Figura 5.4 Columna litoestratigráfica interpretada de la zona de Las Claritas- Km 88 y zonas aledañas (Elaboración propia (2022))

Nota: Para mejor visualización y comprensión de las unidades mostradas en la figura 5.4, se sugiere revisar el anexo 1 mostrado al final de este trabajo.

5.3 Interpretación de las estructuras geológicas y su relación con las mineralizaciones auríferas

En el Distrito Minero Las Claritas- Km 88 el oro se encuentra generalmente libre y en las fracturas de los sulfuros (pirita y calcopirita). En campo las

mineralizaciones están indicadas por la orientación y frecuencia de las explotaciones y las extracciones de los pequeños mineros (Figura 5.5).

De acuerdo con la figura 5.6, el rasgo regional más prominente en Las Cristinas-Km 88 es la dirección N-NE, que marca las principales explotaciones auríferas. La estructura mayor señalada con esta dirección es la Quebrada Amarilla (Marcada con el número 1).

Subparalela a la tendencia anterior se observa la fractura que controla el cauce de la quebrada Sofia, la cual presenta un rumbo de $N45^{\circ}-55^{\circ}E$ (marcada en la figura con el número 2).

La tercera estructura es el Tendencia que controla a la Quebrada Las Cristinas: zona de intensa cizalla de dirección $N10^{\circ} - 30^{\circ} E, 45^{\circ}-60^{\circ}SE$, marcada en el numero 3).

La cuarta estructura responsable de la mineralización aurífera es el Trend que controla el cauce de la Quebrada Morrocoy: zona de cizalla de dirección $N40^{\circ}W, 80^{\circ}SW$.

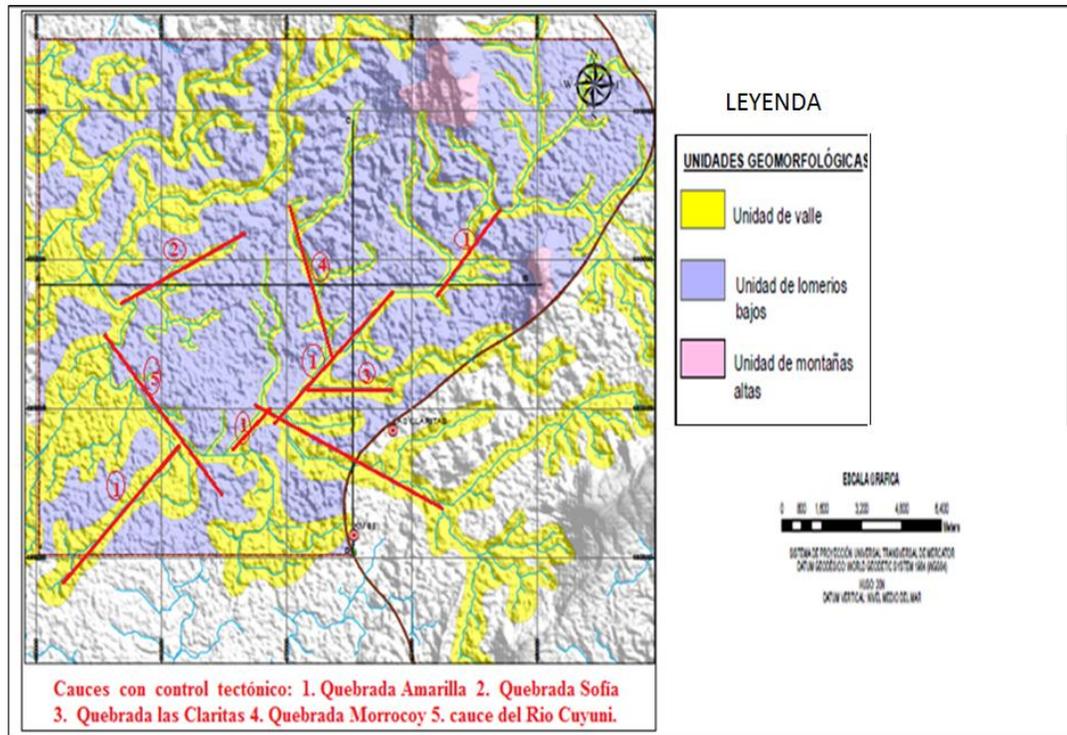


Figura 5.5 Cauces con control tectónico asociados a estructuras geológicas

5.4 Generar el mapa geomorfológico de la zona mediante la interpretación de la imagen radar NB-20-8

El relieve dentro del área de Las Claritas es de topografía baja. La elevación promedio es de 130 m.s.n.m. Cuatro (4) quebradas fluyen a través del área; La Amarilla, Las Claritas, Sofía y Morrocoy. Sus valles son anchos y sus cauces estrechos y poco profundos, lo que ocasiona inundaciones esporádicas durante la estación lluviosa. Una gran parte del área ha sido explotada, dando como resultado la existencia de numerosos pozos, lagunas y grandes depósitos de colas.

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

Según los criterios antes mencionados, se ha dividido la zona de estudio en tres (3) unidades de paisajes: Estas son la unidad de Montaña alta, y la unidad de Lomerios bajos y la unidad valles aluviales, las cuales concuerdan con el relieve característico de la Provincia Geológica de Pastora (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Algunos elementos de la tabla de composición de unidades taxonómicas (C.V.G. TECMIN, (1987))

Sistema Geomorfológico	Paisaje	Tipo de Relieve	Altura relativa (msnm)	Pendiente (%)	Perfil
Estructural	Montañas altas	Lomas	Baja	8 a 16	Convexo
	Lomerios bajos				
Deposicional	Valle	Llanura aluvial	Baja	0 -a 4	Rectilíneo

De igual forma, basado en los criterios expuestos anteriormente, se contornearon las 3 unidades geomorfológicas (ver anexo 2) .La descripción de estas unidades es la siguiente:

5.4.1 Unidad de Montaña alta (Ma)

Estos relieves irregulares se generan exclusivamente en las rocas intrusivas máficas y representan territorialmente el 2 %.

La unidad de Montaña Alta está representada por 2 elevaciones ubicadas en los bordes del área. La primera y de mayor tamaño se ubica en la parte Norte; topográficamente se aprecian cotas que oscilan entre 450 y 200 m.s.n.m. Las laderas de las Montañas Altas se caracterizan por pendientes laterales muy inclinadas, algunas fuertemente escarpadas, con pendientes superiores al 60 %

La segunda Montaña Alta se ubica en el límite este, en contacto con la carretera asfaltada. Presenta cotas que oscilan entre 400 y 180 msnm. El tipo de relieve observado en nuestra área de estudio correspondiente a esta unidad es “Cresta”.

5.4.1.1 Cresta

Presenta una configuración topográfica aguda y escarpada con pendientes entre 30-60%. La superficie muestra suelos superficiales, poco evolucionados generalmente entisoles, asociados a afloramientos rocosos. Localmente pueden conseguirse inceptisoles con un desarrollo moderado. La erosión se manifiesta en forma de surcos generados sobre diabasas, rocas meta-volcanicas afánicas y también cuarsitas.

5.4.2 Unidad de Lomerios bajos (Lb)

La unidad de Lomerios bajos se caracteriza por su bajo relieve con una altura promedio entre 260 a 130 m.s.n.m, está distribuida ampliamente en la parte central del mapa, abarcando una amplia extensión de un 80 %. Se reconoció por poseer una textura rugosa. Las litologías representativas de esta topografía son las rocas graníticas y las rocas volcánicas. Los tipos de relieve observados en nuestra área de estudio correspondiente a esta unidad son: Loma y Vega.

5.4.2.1 Loma

Es el relieve predominante. Se desarrolla sobre granitos y Meta-sedimentarias presentándose muy rebajados con un perfil convexo; la altura relativa es media y la forma de la topografía muy quebrada (16-30%). Se encuentra bajo vegetación boscosa, lo que facilita el desarrollo de suelos espesos muy evolucionados, por lo general, ultisoles asociados con alteritas y corazas ferruginosas. La erosión en surcos es generada por el escurrimiento superficial.

5.4.2.2 Vegas

Son franjas estrechas y alargadas por lo general adyacentes a cursos de agua. Están constituidas por sedimentos coluvio-aluviales depositados en forma de mantos.

La topografía es plana con pendiente entre 0-4%, lo que le da un perfil rectilíneo. Los materiales poseen una textura mediana. Están sometidos a inundaciones periódicas.

5.4.3 Unidad de Valles aluviales (V)

La unidad de Valle representa el 18 % de la superficie del terreno. Está distribuida uniformemente en el área correspondiente a la zona de estudio suavemente ondulada.

Comprende una gran extensión de terreno que consta de relieves bajos y de mínima altitud, con cotas inferiores a 120 m.s.n.m y pendientes entre 2 % y 4 %. Geológicamente, este relieve se genera en los sedimentos recientes, los cuales son extensamente explotados con monitores hidráulicos. El tipo de relieve observado en nuestra área de estudio correspondiente a esta unidad es “llanura aluvial”.

5.4.3.1 Llanura aluvial

Representan superficies planas, adyacentes a las vegas, constituida por material aluvial, aportado por los cursos de agua. Poseen pendientes muy suaves (0-4% aproximadamente). Su posición topográfica baja, le hace susceptible de ser inundada en épocas de crecidas. Los suelos son pocos evolucionados. La textura es media.

5.4.4 Perfiles geomorfológicos

Para la confirmación de las unidades geomorfológicas, se hicieron 2 perfiles longitudinales, el primero en dirección NS y el segundo en dirección EW (Figura 5.8).

El perfil A-B se trazó en dirección E-W. Se inicia en un afloramiento de roca máfica intrusiva a orilla de la carretera, a una altura de 420 msnm aproximadamente. A partir de este afloramiento decrece la altitud del relieve, hasta mantener una altura promedio de 160 msnm por espacio de 18 km. El tipo de paisaje es de lomeríos bajos, con pendientes que oscilan entre 8 % y 16 %.

A partir de la cota 130 comienza la formación de los Valles entallados en los pie de cerro para formar cauces de quebradas que drenan las rocas transportando minerales de importancia geoeconómica (Figura 5.6).

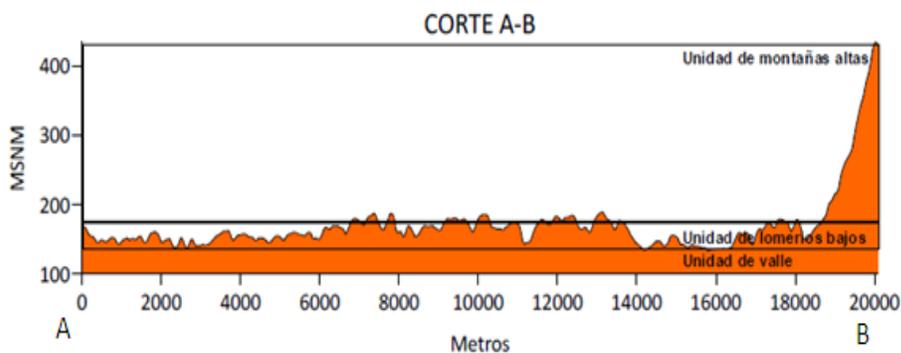


Figura 5.6 Perfil geomorfológico AB, de dirección E-W.

El perfil C-D tiene dirección N-S. Se inicia en el Punto C de la zona de estudio y tiene una longitud de 14 km. Durante el trayecto se visualiza mejor los paisajes de Montañas altas y lomeríos bajos. La topografía raramente supera los 200 msnm. En el paisaje de Valle, la característica resaltante es el ancho de las quebradas,

especialmente la Quebrada Amarilla, en la cual han sido explotados sus aluviones por largo tiempo (Figura 5.7).

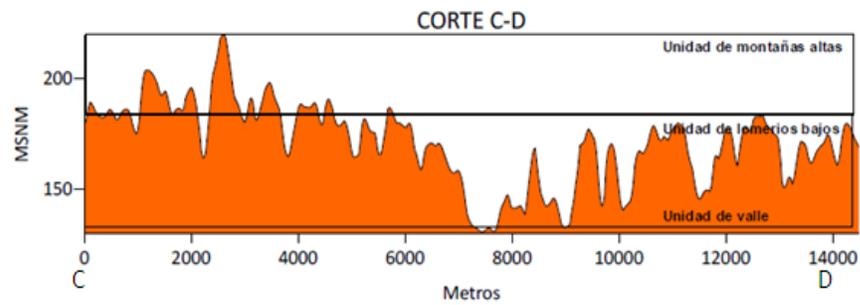


Figura 5.7 Perfil geomorfológico CD, de dirección N-S.

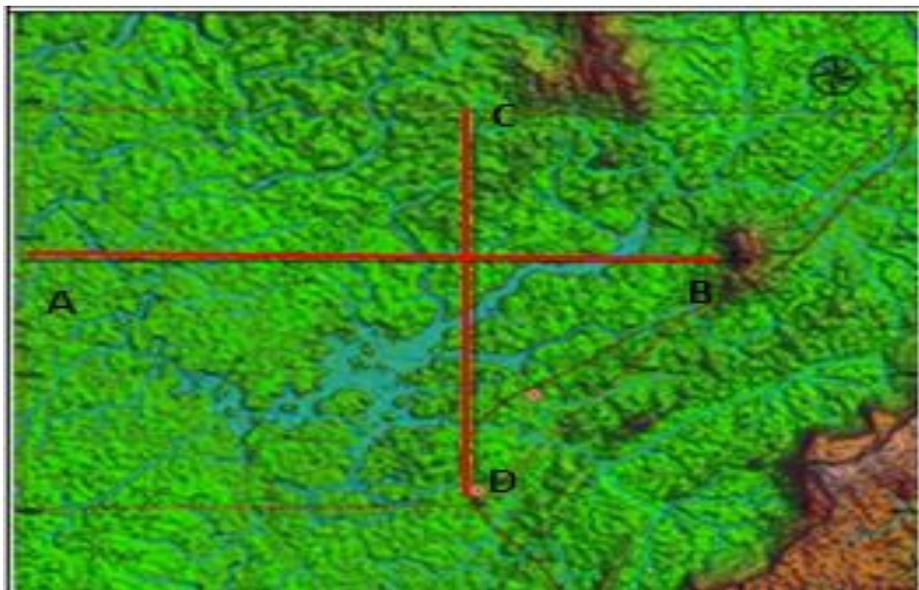


Figura 5.8 Perfiles geomorfológicos trazados sobre la imagen satelital.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La delimitación de las unidades litológicas y estructuras, mediante la visualización de imágenes de radar y satelitales permitieron identificar cuatro (4) unidades litológicas, las cuales se describen de base a tope como: Cinturones de rocas verdes de Las Claritas-Km 88 (CRV) (Informal), rocas graníticas del Complejo de Supamo, Intrusivos máficos y las unidades aluvionales de sedimentos recientes.

2. Con base a los resultados obtenidos se interpretó, desde el punto de vista litoestratigráfico que la parte media de un CRV está dividida en la parte inferior por rocas piroclásticas y la parte superior, formada por rocas basálticas. En contacto intrusivo discordante se cartografiaron las rocas plutónicas-graníticas tipo Complejo de Supamo y más tarde, la intrusión de cuerpos intrusivos máficos. Concluye la secuencia los aluviones.

3. Las principales estructuras que se interpretaron fueron los lineamientos. Estos son los que controlan los principales cauces de agua y las zonas mineralizadas, siendo la principal la dirección N-NE, que marca las principales explotaciones auríferas. La estructura mayor señalada con esta dirección es la Quebrada Amarilla.

4. En la zona de estudio se cartografiaron dos (2) lineamientos, los cuales se interpretaron como zonas de cizalla, controladoras de la mineralizaciones auríferas, dispuestas en orden cronológico como sigue: La zona de cizalla más antigua tiene una dirección N60°E y controla el cauce de la Quebrada Amarilla. La segunda zona de cizalla tiene dirección N20°W y controla un tramo del río Cuyuni y la quebrada Morrocóy.

5. Basado en la interpretación de las imágenes se reconocieron 3 tipos de paisajes, los cuales son de Montaña altas, Lomerios bajos y valles. La topografía promedio tiene una altura 130 m.s.n.m. Cuatro (04) quebradas son explotadas de manera irracional para la extracción de oro, las cuales son: La Amarilla, Las Claritas, Sofía y Morrocroy.

Recomendaciones

1. Realizar dataciones radiométricas y de Carbono 14, para determinar las edades absolutas en el CRV de Las Claritas-Km 88, y de esta manera establecer comparaciones con los otros CRV de Guasipati-El Callao y así determinar la cronoestratigrafía de la Provincia Geológica de Pastora, desde el Callao hasta el Km 88. Indicar quien debe realizar esas dataciones...

2. .Aplicar este trabajo en otras áreas de estudio, claro está, con los ajustes necesarios a las condiciones de las áreas a estudiar

3. Realizar un estudio regional mediante el uso de imágenes satelitales con fechas recientes del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), luego, hacer comparaciones con fotos aéreas de años anteriores y establecer la evolución de los efectos de la explotación minera irracional.

REFERENCIAS

Arias, Francisco (1999), **ELABORACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**. 5 Edición. Distribución: BL Consultores Asociados, Servicio Editorial. pp. 15-17.

Benaim, Nexin, 1972. **GEOLOGÍA DE LA REGIÓN EL DORADO-ANACOCO-BOTANAMO, ESTADO BOLÍVAR. CONF.GEOL.INTERGUANAS. MEM. Pub.Esp.p. 198-206.**

Bercha Group Calgary. (1993) **APLICACIONES DE LA PERCEPCIÓN REMOTA AL MONITOREO AMBIENTAL**. Caracas, Venezuela, pp 32-48.

Califano, Katherine y Dasilva Ligia, (2010) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - ESTRUCTURAL DEL SECTOR “CARABOBO”, UBICADO EN LAS CLARITAS KM 88. MUNICIPIO AUTÓNOMO SIFONTES, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente Nucleo Bolivar, Estado Bolivar.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera CA, (1987). **MANUAL METODOLÓGICO (VERSIÓN PRELIMINAR) DEL PROYECTO DE INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA, (P.I.R.N.R.G.). INFORME DE AVANCE DE LA HOJA NB-20-8**. Ciudad Bolívar. Pp 195-224.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera CA) (1991). **PROYECTO DE INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA**

REGIÓN GUAYANA. INFORME DE AVANCE DE LA HOJA NB-20-8. Estado Bolívar. Pp. 150-220.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera CA) (1991). **DEFINICIONES DE PATRONES DE INTERPRETACIÓN DE UNIDADES LITOLÓGICAS.** Ciudad Bolívar. Pp. 20-100.

Cartoteca- Rafael Más. (2011) **TUTORIAL (NIVEL BÁSICO) PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS CON ARCGIS.** Consultado: 12 de febrero 2015[Documento en línea] Disponible en[http://www.biblioteca.uam.es/cartoteca/documentos/CURSO_SIG_BASIC0_I.pd].

Cartesia (2008) **.FOTOGRAMETRÍA, ORTOFOTO, PRECISIÓN Y USO.**[documento en línea] Disponible en:<http://www.cartesia.org/article.php?sid=409>. [Consultado: 12 de noviembre 2013]

Cruz A.Franz (2019) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO.** Universidad Privada Domingo Savio, Bolivia, pp 4-5

Chuvieco, E. (1990) **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL,** Editorial RIALP, Madrid – España. Pp 449.

Eduspace (2023) **TECNOLOGÍA DE RADAR.** Consultado 24 de febrero de 2023, <http://esa.int/SPEIALS558495>

Fernández, I. (2001) **ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES OBTENIDAS DEL SENSOR ETM+ SATÉLITE LANDSAT**, Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Valencia, España, p 36.

Flores, García Luz María, (2010) **TRABAJO SOBRE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA PARA EL ELEMENTO ORO EN EL SECTOR BIZKAITARRA UBICADO EN LAS CLARITAS KM 88, MUNICIPIO AUTÓNOMO SIFONTES ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado. Universidad de Oriente, nucleo Bolivar. Estado Bolivar Pp. 10-15.

GeoSoluciones, (2013) **SURFER** [<http://www.geosoluciones.cl/surfer/#>] [Consultado: 05 de Octubre de 2016].

Gobierno de Bolívar-Minas Bolívar (2004). **INSTITUTO AUTÓNOMO MINAS BOLÍVAR, (IAMIB, REGLAMENTO INTERNO)**, inédito, Ciudad Bolívar,

Instituto Nacional de Geología y Minería de Venezuela (INGEOMIN) (2004). **MAPA GEOLÓGICO DE LA HOJA CAYETANO N° 7934, A ESCALA 1:100.000**. Ciudad Bolívar – Venezuela.

Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (INTROMAC) (2005). **GUÍA DE ENCARGADO Y OPERADOR DE ESTABLECIMIENTO DE BENEFICIO MINERO**. Depósito Legal CC-44-2005. Santiago de Chile. 150 páginas.

Jáuregui, L. (2001) **FOTOGRAMETRÍA BÁSICA**. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela. Trabajo de ascenso no publicado, pp 22-45.

Junta de Andalucía. (2013) **GLOSARIO DE TÉRMINOS**, 28 de junio 2013. [<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/áreas-tematicas/agricultura/gps/glosario-terminos/d-e.html>].

Luna, Amílcar, (2010). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL AL SECTOR MINERO DEL SECTOR CARABOBO. KM 88. LAS CLARITAS. MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado

Mendoza, Vicente. (2005). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SURAMERICANO)**. Tomo I, 2da Edición, Gran Colombia Gold Corp., Bogotá. Pp. 30-48.

Mendoza, Vicente. (2003). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA**. Tomo I, Caracas Venezuela, pp 30-60. Faltan datos

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SURAMERICANO)**. Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Pp 44-62.

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

GUASIPATI. Guayana Venezolana: Boletín de Geología, Caracas, Vol. 10. pp 309-338.

Morales, V. (1994) **PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIONES.** Caracas: El Dorado. 8va Edición pp 17.

Nesin, B. (1974) **GUÍA DE LA EXCURSIÓN GEOLÓGICA PUERTO ORDAZ-CIUDAD PIAR-CIUDAD BOLÍVAR-PUERTO ORDAZ. IX Conferencia Geológica Inter.-Guayanas, Boletín de Geología, publicación especial N° 6, pp 42-48.**

Peña Jorge, (2005). **EVALUACIÓN GEOLÓGICO-GEOQUÍMICA PARA LA PROSPECCIÓN DE ORO EN EL FLANCO NORESTE DE LA CONCESIÓN CRISTINA 5, LAS CLARITAS. MUNICIPIO SIFONTES. ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, nucleo Bolívar. Estado Bolívar. Pp 20-27

Tarbutck, E. (2005) **CIENCIAS DE LA TERRA.** Una introducción a la Geología Física. Editorial Pearson Educación S.A. Octava edición. Madrid. Pp 228-247.

Sidder y Mendoza (1995). **MINERAL DEPOSITS OF DE GUAYANA SHIELDS.** En U.S Geol. Bull N 2124 A, 01-020. Pp 60-82

Tamayo Manuel (2000), **¿CÓMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN?.** 5 Edición. Distribución: BL Consultores Asociados, Servicio Editorial, Buenos Aires Argentina, pp. 15-17

Universidad de Oriente (2011) **GUIA DE ELABORACIÓN DE TRABAJO DE GRADO (PREGRADO)**. Ciudad Bolívar Estado Bolívar Venezuela.