

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



**PROPUESTA PARA UNA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE
CASITERITA Y COLTAN, EN UN TRAMO DEL RIO
PARGUAZA, SECTOR LOS MANGOS, MUNICIPIO CEDEÑO
DEL ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LAS BACHILLERES
CAÑA E., AMBAR E. Y
FRANCO P., FABIANGELY
M. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO E
INGENIERO GEÓLOGO
RESPECTIVAMENTE**

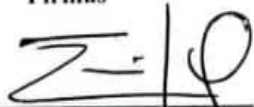
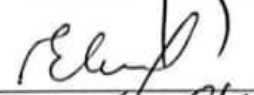



CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DE 2024



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado "PROPUESTA PARA UNA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE CASITERITA Y COLTAN, EN UN TRAMO DEL RIO PARGUAZA, SECTOR LOS MANGOS, MUNICIPIO CEDEÑO DEL ESTADO BOLÍVAR" presentado por las bachilleres: AMBAR EMILIA CAÑA ESTANGA de cédula de identidad N° V- 28.392.194 y FABIANGELY MARÍA FRANCO PAEZ , de cédula de identidad N° V-28.111.426; como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO e INGENIERO GEOLOGO** respectivamente, ha sido APROBADO de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres y apellidos	Firmas
Prof. Enrique Acosta (Asesor)	
Prof. Edixon Salazar (Jurado)	
Prof. Francisco Monteverde (Jurado)	
Prof. Rosario Rivadulla Jefe del Depto de Geología	
	
	Prof. Francisco Monteverde Jefe de Depto. de Ingeniería Geológica

En Ciudad Bolívar a los del mes de octubre del 2024.

DEDICATORIA

Le dedico este triunfo a mi querido padre Emilio Caña, agradezco tu infinita paciencia, tu sabiduría y tu constante apoyo. Gracias por ser mi roca y por inspirarme a superarme cada día. Tu ejemplo de tenacidad y dedicación me ha enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mi querida madre Natacha Estanga, agradezco tu amor incondicional, tu sacrificio y tu inquebrantable fe en mí. Gracias por tu amor infinito, por tu ánimo constante y por ser mi luz en los momentos más oscuros. Tu bondad y tu entrega son mi mayor inspiración. A mi amado hermano Alan Caña, gracias por ser mi cómplice, mi confidente y mi mejor amigo. Tu apoyo incondicional y tu alegría contagiosa han sido mi motor para seguir adelante en los momentos más difíciles. A mi dulce novio Alec Vital, agradezco tu amor incondicional, tu comprensión y tu constante aliento. Gracias por ser mi compañero de vida, por estar siempre a mi lado y por creer en mis sueños tanto como yo. Tu amor y apoyo son mi mayor fortaleza. A mi abuela Aura Herrera que descansa en paz y a Rommer Afanador, agradezco sus sabios consejos, su amor incondicional y su eterna bondad. Gracias por ser mi guía, por enseñarme con sus ejemplos y apoyarme en los momentos que necesite. Su amor y sabiduría son un regalo invaluable en mi vida que nunca olvidare. A mis queridos compañeros de la universidad, agradezco su amistad, su colaboración y su compañerismo. Gracias por compartir conmigo este camino lleno de retos y aprendizajes. Su amistad y complicidad han hecho de esta travesía una experiencia única e inolvidable. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por formar parte de mi vida, por estar siempre a mi lado y por ser mi mayor fuente de inspiración. ¡Gracias por ser mi familia, mi amor y mi motivación constante en esta hermosa travesía!

Ambar Emilia Caña Estanga.

DEDICATORIA

A Dios, quién me guió en cada paso, el que siempre me dio la fuerza que necesitaba, al que tanto le pedí sabiduría, gracias por tu infinita bondad y amor, a ti sea toda la Gloria.

A mis padres y mi hermana, José Franco, Eskeyla de Franco y Fabianny Franco. Por su apoyo, sacrificio y amor incondicional, por ser mis pilares y no permitir que me derrumbara, por ser mi calma en medio de la tormenta, por recordarme que era capaz cuando sentía que no podía más, por tantas veces que limpiaron mis lágrimas cuando las cosas no salían como lo esperaba y por celebrar conmigo cada victoria, por llenar mis días de felicidad, soy quién soy gracias a ustedes, este triunfo no es mío, es nuestro.

A mi familia, por creer en mi y ayudarme en todo este recorrido, por hacerme sentir querida, por cada llamada y cada gesto, siempre voy a atesorarlos en mi corazón.

A mis amigos y compañeros, por entender y valorar mis tiempos, por celebrar mis logros como propios, por darme aliento. Aquellos que iniciaron a mi lado pero siguieron caminos diferentes, los que continuaron en todo el trayecto y los que se sumaron al final, gracias por cada sonrisa, el mejor regalo que me llevo de estos 5 años son los momentos con cada uno.

A cada persona que de alguna manera me ayudó a lo largo de mis estudios, infinitas gracias, una parte de mi corazón siempre estará con ustedes.

Fbiangely Maria Franco Paez.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios primeramente, a nuestros padres por su inquebrantable apoyo, por su amor incondicional y por ser ejemplo de entrega y sacrificio. Gracias por impulsarnos a superarnos en todo momento, por creer en nosotras y por ser el sostén en los momentos más difíciles.

Gracias a nuestros hermanos por apoyarnos y estar presentes, por inspirarnos a seguir adelante, por regalarnos tanta felicidad.

A nuestro tutor, el Profesor Enrique Acosta, agradecemos su dedicación, paciencia e invaluable orientación a lo largo de este proceso de investigación. Gracias por compartir sus conocimientos, por guiarnos con sabiduría y por inspirarnos a dar lo mejor de nosotras en cada paso. Su guía y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad de Oriente (UDO), queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por brindarnos la oportunidad de formarnos académicamente, por su excelencia educativa y por fomentar en cada una el espíritu de superación y aprendizaje constante. Gracias por ser nuestra casa de estudios, por su calidad educativa y por permitirnos crecer como personas y como profesionales.

A cada una de las personas que nos acompañó en este recorrido, nuestro profundo agradecimiento por su invaluable contribución, apoyo incondicional y por ser parte fundamental de nuestro camino académico y personal.

*Ambar Emilia Caña Estanga.
Fabiangely Maria Franco Paez.*

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo general proponer una prospección geoquímica de materiales estratégicos (Casiterita y Coltán) en un tramo específico del Río Parguaza, ubicado en el Sector Los Mangos del Municipio Cedeño, Estado Bolívar. La metodología empleada consistió de 4 fases y fue de tipo explicativa, porque trata de enfocar el muestreo de rocas y concentrados pesados (CP), así como también las características morfoestructurales del área mediante la interpretación de imágenes satelitales. y mapas como herramientas. Para ello, se llevó a cabo un análisis detallado de imágenes satelitales de alta resolución y de diversos mapas de drenaje, geológicos y topográficos de la zona de estudio. En la primera fase se realizó una revisión exhaustiva de la literatura especializada en el uso de imágenes satelitales para la prospección de minerales, centrándose en la Casiterita y el Coltán. En la segunda fase se hizo una interpretación de las imágenes satelitales para identificar zona identificar características de drenaje, geológicas y geomorfológicas que puedan indicar la presencia de trampas naturales para estos minerales en el entorno del Río Parguaza. A través de la interpretación de mapas geológicos y topográficos, se identificaron zonas potencialmente favorables para la presencia de Casiterita y Coltán en el área analizada. Estas zonas fueron corroboradas con los datos obtenidos de las imágenes satelitales, lo que permitió delimitar áreas específicas de interés para la prospección geoquímica. La tercera fase se basó en los resultados obtenidos de la interpretación de imágenes satelitales y mapas. Finalmente se propone un plan de muestreo geoquímico estratégico para la recolección de muestras en las áreas identificadas como prometedoras, mediante un mallado de 20 picas orientadas NS, de 500 m de largo, separadas cada 100 m. Se aspira tomar muestras de CP separada cada 50 m, lo que significan 47 muestras de CP. De igual forma, se propone un seguimiento y muestreo de quebradas, con toma de CP en sitios de acumulación de material e Igualmente se tomaran muestras de rocas en los afloramientos encerrados dentro del área de estudio. Este muestreo pedogeoquimico permitirá tener una densidad de muestreo de en el área de 2 muestras/Km². Se recomienda analizar las muestras de rocas mediantte el método de Difraccion de rayos X y de microscopia polarizante petrográfica para determinar los porcentajes de crisales visibles en la muestra. Para las mustras de CP, una vez secada y cuareada se recomienda enviarlas al laboraorio de Difraccion de rayos X, para la caracterización mineralógica de muesras por el método RIR normalizado.

CONTENIDO

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA	i
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación objeto de estudio.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcance de la investigación	6
1.5 Limitaciones de la investigación	6
CAPÍTULO II	8
GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	8
2.2 Acceso al área de estudio.....	10
2.3.1 Clima.....	10
2.4 Geomorfología.....	11
2.4.1 Lomerío, medio muy quebrado.....	12
2.4.2 Planicie Depositional – Residual, No a Ligeramente Disectada, Bien Drenada.....	12
2.4.4 La vega.....	13
2.5 Vegetación	13
2.5.1 Vegetación de bosques de galería.....	14
2.6 Geología regional.....	14

2.6.1 Provincia de Cuchivero.....	16
2.6.2 Supergrupo Cedeño	17
2.6.3 Grupo Cuchivero	18
2.6.3.1 Formación Caicara.....	18
2.6.3.2 Granito de Santa Rosalía	19
2.6.3.3 Granito de San Pedro.....	19
2.6.4 Metabasitas	19
2.6.5 Granito de Guaniamito	20
2.6.5.1 Grupo Suapure.....	20
2.6.5.2 Granito Pijiguao.....	20
2.6.5.3 Granito del Parguaza.....	21
2.7 Geología local.....	21
CAPÍTULO III.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
3.1 Antecedentes de la investigación	23
3.2 Definición de términos básicos	25
3.2.1 Sensores remotos	25
3.2.2 Teledetección o percepción remota	25
3.2.3 Criterios para la interpretación visual.....	26
3.2.3.1 Brillo	26
3.2.3.2 Color	26
3.2.3.3 Textura.....	26
3.2.3.4 Sombras	27
3.2.4 Rocas ígneas	27

3.2.5 Rocas intrusivas o plutónicas.....	28
3.2.6 Textura fanerítica (grano grueso)	28
3.2.7 Foliación	28
3.2.8 Diaclasas	29
3.2.9 Mapa base	29
3.2.10 Mapa geológico.....	29
3.2.11 Pegmatita	30
3.2.12 Aluvión	30
3.2.13 Coluvión	30
3.2.14 Eluvión.....	31
3.2.15 Regolito.....	31
3.3 Fundamentos teóricos	31
3.3.1 Coltan.....	32
3.3.2 Principales características del Coltan (Bolívar, A y Manrique, A. 2011)...	32
3.3.3 Columbita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011)	33
Génesis.....	33
4.3.4 Tantalita	34
4.3.4.1 Génesis.....	34
4.3.5 Casiterita (SnO ₂).....	35
4.3.5.1 Propiedades físicas de la Casiterita	35
4.3.5.2 Tipos de Rocas Asociadas	37
CAPÍTULO IV	39
METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	39
4.1 Tipo de investigación	39
4.1.1 Investigación explicativa	39

4.2	Diseño de la investigación.....	39
4.2.1	Diseño de investigación proyectiva	40
4.3	Población de la investigación	40
4.4	Muestra de la investigación	40
4.5	Técnicas e instrumentos para recolección de datos	41
4.6	Flujograma de la investigación.....	42
4.6	Flujograma de la investigación.....	42
4.6.1	Fase I Recopilacion de la informacion	42
4.6.1.1	Información bibliográfica	42
4.6.1.2	Información cartográfica	43
4.6.1.3	Descripción visual del área.....	44
4.6.2	Fase II Interpretación de los sensores remotos	45
4.6.2.1	Elaboración de mapa geomorfologico.....	45
4.6.2.3	Elaboración del mapas de drenaje	47
4.6.3	Fase III Procesamiento de la información.....	48
4.6.3.1	Elaboración del mapas de muestreo	48
4.3.3.4	Fase IV Redaccion del informe final	50
CAPÍTULO V		51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		51
5.1	Determinar las unidades litológicas y geomorfológicas del área. mediante la interpretación de imágenes satelitales.....	51
5.1.1	unidades litológicas.....	51
5.1.2	unidades geomorfologicas	52
5.1.2.1	Paisaje de Lomerios bajos.....	52
5.2.2	Paisaje de Llanuras Aluviales	53
5.2	Delimitacion del drenaje del área, mediante la interpretación de las imágenes satelitales y la topografía	54
5.3	Diseñar un mallado para geoposicionar muestras de concentrados pesados (CP) y de rocas.....	55
5.4	Representar las unidades litológicas y las estructuras en un mapa geológico a escala 1:5.000.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		59

Conclusiones	59
Recomendaciones	60
REFERENCIAS	62

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2024).....	8
2.2 Ubicación nacional y regional del área de estudio (Researchgate, 2023)	9
2.3 Provincias litotectónicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. y otros. 1977). 16	
2.4 Unidades litodémicas de la Provincia Geológica de Cuchivero en la Región de Suapure. (Mendoza, V. 1974 en González de Juana, 1980).....	17
3.1 Diferentes tipos de meteorización de la roca, con nombres dependiendo de la distancia recorrida pendiente abajo de la fuente (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005)	31
4.1 Flujograma de la metodología.....	43
4.2 Mapa Topografico de la zona de estudio	44
4.3 Revision visual e interpretacion del mapa topográfico	44
4.4 Delimitacion de las 2 unidades geomorfológicas de acuerdo a sus patrones de brillo, vegetación, topografía y drenaje.....	46
4.5 Delimitacion de las unidades litológicas del área de estudio	47
4.6 Interpretacion de la red de drenaje presente en el área.....	48
4.7 Trazado de la red para muestreo de concentrados pesados y rocas.....	49
5.1 Mapa litológico deducido a partir de la interpretación de las imágenes sensoriales.	51
5.2 Topoformas presentes en los alrededores del rio Parguaza, Sector Los Mangos. 52	
5.3 Interpretacion del drenaje, deducido sobre el mapa topográfico y las imágenes satelitales	55
5.4 Propuesta de muestreo para cubrir toda el área de estudio.....	56

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas UTM de la zona de estudio, según sistema de proyección UTM. Datum horizontal, red geocéntrica de Venezuela (Regven-elipsoide WGS84) huso 20.	9
2.2 Parámetros climáticos de la zona (C.V.G.TECMIN, 1994)	11
3.1 Propiedades físicas de la Columbita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011)	33
4.2 Propiedades físicas de la Tantalita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011)	34
4.3 Propiedades físicas (Klein, Cornelis y otros, 1981).....	36
5.1 Parametros establecidos para comparar los tipos de paisajes	54

INTRODUCCIÓN

La necesidad de descubrir yacimientos minerales, muchos de los cuales no presentan evidencias claras en superficie por encontrarse muy profundos y cubiertos, o porque los elementos guía se encuentran en muy bajas concentraciones (diseminados), y no pueden detectarse fácilmente como anómalos, hace urgente la recolección de información geoquímica de calidad, en la que los elementos de interés se cuantifiquen. Es por eso la existencia de mineralizaciones y ubicar los sitios que presenen tenores económicamente explotables es un trabajo minucioso que requiere de un muestreo sistemático de la zona para el ahorro de tiempo y dinero.

La técnica de prospección geológica, mediante el análisis de imágenes satelitales y de radar, es la primera herramienta usada para estudios sobre la geomorfología, drenaje y composición superficial de zonas de difícil acceso y poco pobladas, como es el caso de un tramo del Río Parguaza, Sector Los Mangos, municipio Cedeño del Estado Bolívar.

Esta investigación tiene como fundamento la interpretación y posteriormente, la elaboración de los mapas de drenajes y geomorfológico de la parte ubicada Sureste de los Pijiguaos, en los cuales se ilustren los relieves característicos del área, los cuales servirán como guía para la construir de un mallado de picas que será utilizado para la ubicación de las muestras de concentrados pesados y de rocas.

Todo lo anterior sustenta la urgente necesidad de efectuar un programa sistemático (en cubrimiento y calidad) de levantamiento de información geoquímica en el área, que permita establecer datos Geoquímicos que sean soporte para proyectos de exploración y aprovechamiento de recursos minerales, y para proyectos de legislación ambiental.

El procesamiento de las imágenes satelitales con el propósito de obtener los mapas se lleva a cabo mediante la utilización de herramientas tecnológicas como Global Mapper 17.0 y Autocad 2016, se realizó un análisis de la imagen obtenida para resaltar rasgos fisiográficos, permitiendo interpretar parámetros geomorfológicos y tectónicos en el área de estudio.

Durante la investigación se generaron cuatro (4) mapas, los cuales son: Mapa topográfico, mapa de drenaje, mapa geomorfológico y el mapa de ubicación de la red de muestreo para CP y rocas.

Este proyecto de investigación 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. El Capítulo II, se describen las características físico-naturales del área en estudio. El Capítulo III, comprende la revisión de la literatura o análisis de los estudios previos, trabajos relacionados con el tema planteado; Capítulo IV, en él se detalla la metodología de la investigación, las técnicas y los procedimientos que se utilizaron para desarrollarla. En el Capítulo V, se plantea el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y la información generada a partir de la investigación realizada; y al final las conclusiones y recomendaciones, que se han generado en término de los objetivos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

Las rocas que constituyen al Escudo de Guayana integran una de las formaciones geológicas más antiguas del mundo. La composición original del macizo, está representada en lo fundamental por rocas ígneas producidas por la solidificación magmática en los fondos de los mares primitivos, que posteriormente emergieron como grandes bloques continentales; luego el metamorfismo influyó en la transformación de partes de estas rocas, así como de otras formaciones que fueron apareciendo.(González de Juana , 1980).

El escudo de Guayana es una provincia fisiográfica que constituye el 45% de la superficie territorial total de Venezuela (423.000 km²), la región está constituida por las rocas más antiguas en la geocronología del territorio venezolano. Debido a su gran extensión existen muchas zonas de interés geológico que no han sido exploradas o de las cuales hay escasa información. El objetivo general de este trabajo de investigación es proponer una forma de exploración de los afloramientos rocosos presentes en el área, obteniendo información sobre el potencial geoeconomico de la zona.

Geológicamente la zona se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Cucivero, perteneciente a una de las cuatro provincias geológicas que conforman el escudo de Guayana, específicamente ubicado en el sector Los Mangos y cercano al río Parguaza, donde se encuentran varios afloramientos rocosos, de los cuales no existe información a detalle de las características litológicas y estructurales, lo que

motivó a realizar el estudio y comparar los resultados con la información existente del citado complejo.

La Provincia Geológica de Cuchivero, contiene recursos económicos que constituye un potencial dentro los yacimientos no metálicos, tales como las Pegmatitas ricas en Coltan, Casiterita y tierras raras.

Para seleccionar un afloramiento que pueda generar un interés comercial, es necesario que contenga una serie de aspectos geológicos relevantes para realizar una evaluación.

Para tal fin, y para obtener una información más detallada, de la zona a estudiar, se propondrá en esta primera fase, un mallado de exploración, para ubicar muestras de rocas y de concentrados pesados (CP).

La segunda fase debería ser la verificación de la interpretación mediante un trabajo de campo que comprende las labores de exploración, levantamiento geológico y la toma de muestra de CP y de roca. Las muestras de rocas deben ser enviadas al laboratorio petrográfico del Instituto de Geología y Minas (INGEOMIN), para determinar su composición mineralógica y las muestras de CP al laboratorio de geoquímica de la Universidad Central de Venezuela para realizarles los ensayos mineralógicos por difracción de rayos X.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer una prospección geoquímica de Casiterita y Coltan, en un tramo del río Parguaza, Sector Los Mangos, municipio Cedeño del Estado Bolívar

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar las unidades litológicas y geomorfológicas del área, mediante la interpretación de imágenes satelitales.
2. Delimitar el drenaje del área, mediante la interpretación de las imágenes satelitales y la topografía
3. Diseñar un mallado para geoposicionar muestras de concentrados pesados (CP) y de rocas.
4. Representar las unidades litológicas y las estructuras en un mapa geológico a escala 1:5.000.

1.3 Justificación de la investigación

Con este estudio se pretende dar a conocer el posible potencial que posee el Sector Los Mangos de estos valiosos mineral (Coltán y Casiterita), ubicado en el municipio Cedeño, estado Bolívar con el propósito de aportar estudios preliminares que puedan ser utilizados para proyectos futuros que involucren el aprovechamiento

de estos minerales con el fin de generar beneficios a las comunidades de la zona y divisas al país.

En la zona de estudio no existen estudios geológicos a nivel de detalle, sino de ámbito regional, por lo que se justifica la realización de este trabajo. El trabajo pionero es una interpretación de la Empresa CVG TECMIN, a escala 1:250.000 de la hoja NB-19-8

1.4 Alcance de la investigación

Aportar información sustentada del área de interés para el aprovechamiento de los yacimientos de Tantalita, Columbita; así como la Casiterita en la región Suroeste del municipio Cedeño del estado Bolívar, además de ampliar el conocimiento geológico de la zona.

El estudio es una propuesta de muestreo de rocas y concentrados pesados (CP) en el sector Los Mangos, que incluye la interpretación geológica; análisis de las topoformas y finalmente la elaboración un mallado de muestreo de rocas y CP.

Como es bien sabido, importantes manifestaciones de Casiteria-Columbita-Tantalita, asociadas a diferenciaciones del granito de Parguaza, han sido detectadas en el Distrito Cedeño del Estado Bolívar.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Escasa información sobre la zona de estudio.

2. No disponibilidad de cartografía actualizada en el laboratorio de sensores remotos de la Escuela de Ciencias de la Tierra para preparar los mapas temáticos.
3. .La imagen de radar NB-19-8 a la que se tuvo acceso fue a escala 1:500.000; por lo que se complemento el trabajo con imágenes satelitales modernas a escala 1:100.000.
4. Los programas utilizados para el procesamiento de las imágenes no son de fácil acceso, por lo que hay buscar a una persona experta en el manejo de estos software.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La zona de estudio está ubicada regionalmente en el Escudo de Guayana, específicamente al Sureste de Ciudad Bolívar. Localmente se ubica al Suroeste de la comunidad indígena La Sabanita, municipio Sucre. Estado Bolívar (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2024).

La zona conforma un cuadrado, seccionado por su parte central por el Rio Parguaza. Posee una extensión areal de 23.4 hectareas y esta distante de la Troncal 12 a 1200 m, limitada por las coordenadas que se aprecian en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Coordenadas UTM de la zona de estudio, según sistema de proyección UTM. Datum horizontal, red geocéntrica de Venezuela (Regven-elipsoide WGS84) huso 20.

VÉRTICE	ESTE (m)	NORTE (m)
V1	691.402,000	707.464,000
V2	691.402,000	707.964,000
V3	690.904,000	707.964,000
V4	691.402,000	707.964,000

El área de estudio se encuentra al este de Puerto Ayacucho y al sur de Caicara del Orinoco (Figura 2.1).



Figura 2.2 Ubicación nacional y regional del área de estudio (Researchgate, 2023)

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso al área se realizó por vía terrestre, a través de la Carretera Nacional Troncal 12, que une a Caicara del Orinoco con Puerto Ayacucho

2.3 Características físico-naturales del área de estudio

2.3.1 Clima

En la zona se han detectado dos estaciones climáticas: una estación lluviosa (invierno) que abarca los primeros días del mes de Abril hasta finales del mes de Noviembre; y una estación de sequía (verano) la cual se inicia durante el mes de Diciembre y finaliza en el mes de Marzo. La precipitación media oscila entre 1.400 mm y 1850 mm.

La temperatura promedio anual es de 26.5 °C, y una temperatura máxima de 32 °C, y una mínima de 22 °C durante el día y de 16 °C a 18°C durante la noche. La humedad relativa promedio anual llega hasta 74% aproximadamente.

El área recibe una radiación solar, promedio anual, de 380 cal/cm/día. Los valores más altos se registran en la época de Diciembre a Marzo, disminuyendo en el lapso de Mayo a Agosto.

Se estima que la dirección, prevaeciente, del viento es en sentido Este –Noreste (ENE) y la velocidad media varía entre 4 km/h y 10 km/h. (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Parámetros climáticos de la zona
(C.V.G.TECMIN, 1994).

Precipitación promedio	1500 mm
Precipitación total media anual	1850mm
Evaporación total media anual	2050mm
Temperatura media anual	26,5°C
Temperatura máxima media anual	32 C
Temperatura mínima media anual	22°C
Humedad relativa media anual	74
Radiación solar media anual	380l/ cm/día
Insolación media anual	6,5 horas
Humedad relativa media anual	74%
Dirección prevaleciente del viento	ENE (Este-Noreste)
Velocidad media anual del viento	Entre 4 km/h y 10 km/h

2.4 Geomorfología

Esta zona se caracteriza por pendientes suaves con diferencias de altitud que van desde 30 m.s.n.m. hasta 600 m.s.n.m. las sabanas están formadas por suelos maduros muy lixiviados, formados por caolinita, goethita y predominante detritus decuarzo. Esporádicamente se encuentran afloramientos graníticos de superficies ásperas y diaclasadas por la intensa meteorización y variación de temperaturas del medio ambiente. Rodeando estas llanuras se encuentra una parte alta de abundante vegetación tipo bosque seco tropical”. (Pérez, H. 1985)

2.4.1 Lomerío, medio muy quebrado

“Este tipo de lomerío posee una altura media con desniveles de 50 m a 150 m y una topografía muy quebrada con pendiente muy variables en un rango de 16 % a 30 %. Las rocas volcánicas y graníticas que lo conforman han sido rebajadas por procesos denudacionales originándose los tipos de relieve definidos como lomas, glaciares coluviales y vegas”. (C.V.G TECMIN, 1991).

Cuando el basamento lo constituyen rocas graníticas las lomas son relieves representativos del paisaje y presentan en superficie afloramientos y bloques rocosos de forma redondeada con meteorización esferoidal asociados a suelos poco evolucionados y superficiales pertenecientes al orden de los Entisoles con inclusiones de suelos evolucionados (Ultisoles) que permiten el establecimiento de asociaciones de bosque bajo y sabana gramínea arbustiva”

2.4.2 Planicie Depositional – Residual, No a Ligeramente Disectada, Bien Drenada

Generalmente posee una fase cubierta de arena o gravilla de aproximadamente 1 cm de espesor, esta arenización puede considerarse como producto de la denudación de los paisajes elevados que bordean estas planicies, que ha sido transportado y sedimentado a manera de manto sobre éstas. Los tipos de relieve que la integran son: la llanura de erosión y la vega. (C.V.G TECMIN, 1991).

1.4.3 La llanura de erosión

Es el relieve representativo del paisaje; presenta pendientes generales entre 0% y 4% que le confieren una topografía plana y un perfil rectilíneo. Predomina una erosión de tipo laminar ligera y generalizada. Los suelos son bien drenados,

generalmente muy evolucionados (Ultisoles), profundos, areno francoso en superficie y arcillosos en profundidad pero localmente ocurren suelos arenosos, excesivamente drenados. La vegetación característica de esta llanura de erosión es de una sabana gramínea arbustiva asociada a sabana con bosquetes

2.4.4 La vega

“Conforma franjas estrechas con una amplitud de 1 m a 2 m, asociadas, por lo general a pequeños riachuelos de carácter intermitente. Tiene una topografía plana con pendientes generales que oscilan entre 0 % y 4 %. Los sedimentos que conforman la vega son de origen aluvial - coluvial provienen de los aportes de los caños, así como de la denudación de la llanura de erosión. La erosión es de origen hídrico y se manifiesta en forma de surcos de intensidad severa y generalizada. Se localizan suelos de diferentes órdenes, tales como Ultisoles y Entisoles mal drenados, que sirven de sustento a una vegetación característica como bosque de galería, cuyos árboles generalmente presentan raíces superficiales”.

2.5 Vegetación

La vegetación presente en el área de estudio es típica de sabana, y prevalecen dos tipos: Vegetación de sabana con chaparro: La vegetación con chaparro se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura gramínea de baja altura, entre la cual las especies más abundantes son la paja peluda (*Trachypogon plumosus*), escobilla (*Ecoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*), etc. y la vegetación arbustiva que está conformada por árboles de 2 a 4 metros de altura. Entre la vegetación arbustiva se mencionan el chaparro (*Curatella 22 22 americana*), chaparromanteco (*Bowdichia virgilioides*), mandinga (*Roupals complicata*), y en proporción menor el mango (*Mangifera indica*), etc. (C.V.G. – TECMIN, 1991).

2.5.1 Vegetación de bosques de galería

A lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería” (C.V.G. – TECMIN, 1991).

El bosque es de cobertura media a alta, siendo las especies que lo caracterizan *Randia espinosa*, *R. nítida*, *Cupania scrobiculata*, *Erytroxylum* cf. *Raimondi*, *Psidium guanensis*, *Olyra ciliatifolia*, *Senna* cf. *Multijuga*, *Amaioua* sp., *Guapira ferruginea*, *C. Sylvestris*, *Genipa americana*, *Calliandra* sp., *Pereskia* sp., *Cortón* sp., *Bromelia* sp. y *Astronium lecontii*. Las especies arbóreas más importantes son la *Copaifera officinalis* (Aceite), *Cochlospermum orinocense*, *Tapirira guianensis* (Patillo), *Mauritia fleuxosa* (Moriche), *Xylopia aromática* (Fruta de burro), *Protium* sp. 23 23 (Tacamajaca), *Jacaranda obtusifolia* (San José), *Vitex compressa* (Totumillo), *Lonchocarpus* sp. (Mahomo), *Myriospermum frutescens* (Cereipo), *Spondias monbin* (Jobo), *Casearia* sp. (Punternal) y *Caesalpinia corianía* (Dividive). Orsetti y Romero, 2005 en IAMIB, 2012.

2.6 Geología regional

El Escudo de Guayana forma parte del Pre-cámbrico del Cratón Amazónico y del Oeste de África y se continúan en las Guayanas y parte NW de Colombia, con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares. El Escudo de Guayana se extiende al sur del río Orinoco; limita al Este con Colombia por los ríos Orinoco, Atabapo y Guainía-Negro; al Sur con Brasil en Cocuy-Neblina cabeceras de los ríos Orinoco-Ventuari y la Gran Sabana con la Sierra Pacaraima y al Este con la Zona en Reclamación con los ríos Venamo y Cuyuní, cubriendo casi el 50% de la superficie de Venezuela (Mendoza, V. 2005).

En geología los escudos se definen como macizos continentales constituidos por rocas Precámbricas, no cubiertos completamente por el mar en el transcurso del tiempo geológico. Los escudos fueron tectónicamente muy activos durante el Precámbrico, pero desde el comienzo del Cámbrico se hicieron relativamente estables con respecto a los movimientos terrestres. También se les llama “Tierras Positivas” porque han servido de contrafuerte y contribuido por el desgaste, a través del tiempo (erosión), a proporcionar sedimentos que se han depositado en las partes más bajas, formando así los llamados geosinclinales (Mendoza, V. 2005).

En el curso del Precámbrico tuvieron lugar numerosos ciclos orogénicos y fueron acompañados por importantes manifestaciones magmáticas efusivas e intrusivas, así como por intensos procesos de metamorfismo, con fenómenos de migmatización y palingénesis que muchas veces se desarrollaron a escala regional (Mendoza, V. 2005).

El Escudo de Guayana tiene forma oval y su parte septentrional se encuentra en Venezuela al Sur del curso del río Orinoco, mientras que en su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guyana, Suriname y Guayana Francesa (Mendoza, V. 2005).

En la parte Venezolana comprende rocas Arqueozoicas y Proterozoicas de muy diversas litologías, alteradas en mayor o menor escala durante una serie de episodios geotectónicos mayores.

El Escudo de Guayana en Venezuela se compone de las siguientes cuatro provincias geológicas Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima (Mendoza, V. 2005) (Figura 2.3).

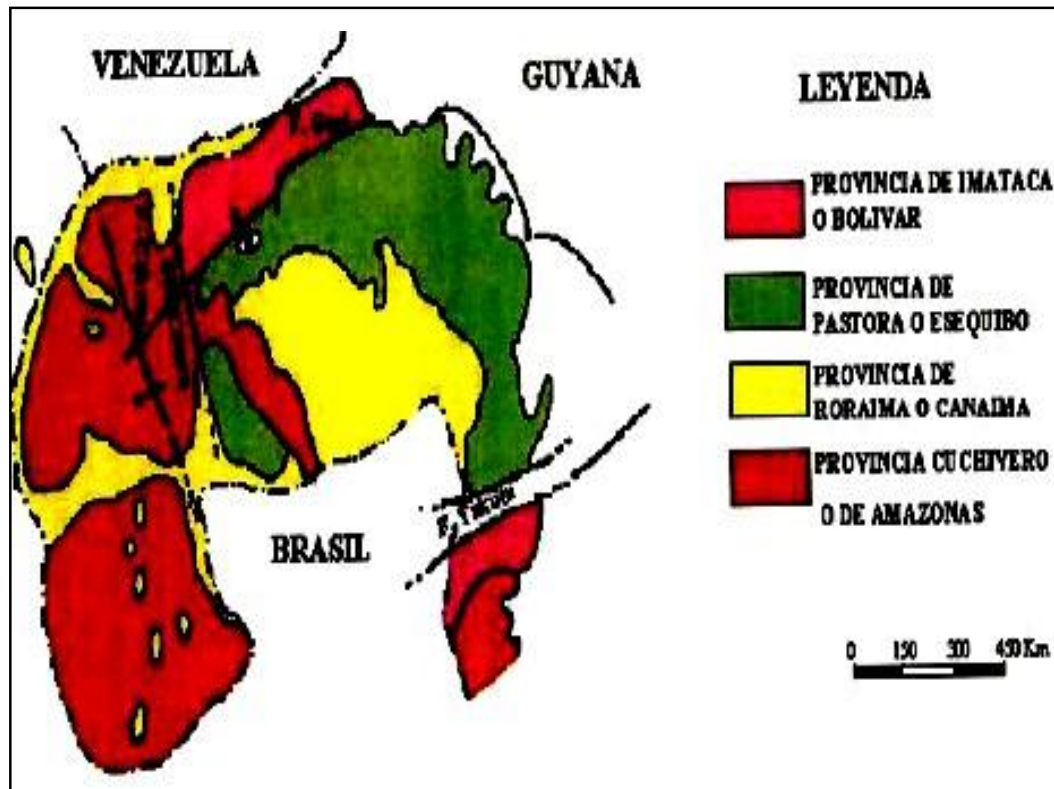


Figura 2.3 Provincias litotectónicas del Escudo de Guayana (Mendoza, V. y otros. 1977).

Basándose en la petrología de la Provincia de Imataca, esta pertenece al denominado Cinturón Granulítico, Pastora a los Cinturones de Rocas Verdes, Cuchivero se caracteriza por grandes extensiones de granitos (1800 ± 200 m.a) y granitos post-tectónicos (1500 m.a) y la Provincia de Roraima es una cobertura discordante sobre rocas pertenecientes a la Provincia de Pastora o Cuchivero (Mendoza, V. 2005).

2.6.1 Provincia de Cuchivero

El conjunto litológico de la Provincia de Cuchivero consiste de rocas volcánicas ácidas e intermedias, lavas, tobas y diques de ígneas básicas, las cuales muestran un metamorfismo de bajo grado. Estas rocas volcánicas han sido

intrusionadas por rocas graníticas, entre las que se distinguen desde microgranitos hasta granitos de grano grueso a muy grueso (Mendoza, V., 2005).

Las rocas volcánicas de la Provincia de Cuchivero afloran en los alrededores de Santa Elena de Uairén, al sureste del Estado Bolívar; continúan hacia el oeste y alnoreste pasando por las regiones de El Chiguo y La Vergareña, hasta la regiónoccidental del Estado Bolívar, para seguir hacia el sur formando parte de Estado Amazonas (Mendoza, V., 2005) (Figura 2.4).

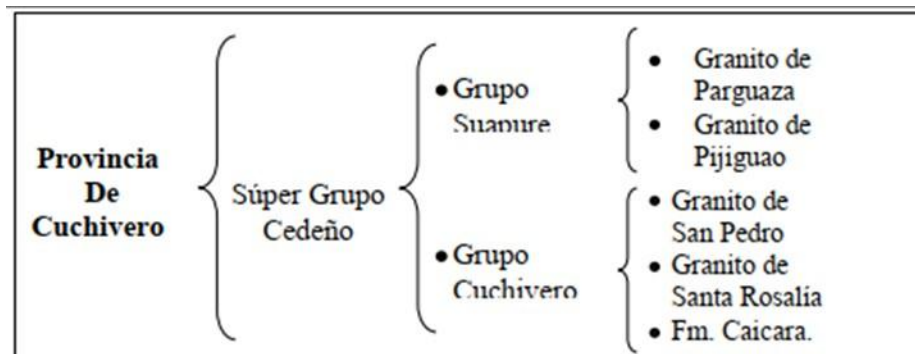


Figura 2.4 Unidades litodémicas de la Provincia Geológica de Cuchivero en la Región de Suapure. (Mendoza, V. 1974 en González de Juana, 1980).

Mendoza, V. (2005), introdujo el nombre de Supergrupo Cedeño para incluir dos conjuntos de rocas ígneas ácidas no comagmáticas; el Grupo Cuchivero y el Grupo Suapure, constituidoeste último por los granitos de Pijiguaos y El Parguaza

2.6.2 Supergrupo Cedeño

El Supergrupo Cedeño se define como una unidad litoestratigráfica volcanoplutónica ácida, no comagmática, que comprende los grupos Cuchivero y Suapure separados entre sí por metabasitas. El Supergrupo Cedeño se extiende en dirección E-O desde las proximidades del río Caura hasta Puerto Páez y en dirección

N-S desde el río Orinoco en su tramo noreste hasta el río Ventuari; abarcando todo el distrito Cedeño del estado Bolívar y parte norte del territorio federal Amazonas. La mejor sección tipo se localiza en las proximidades del río Suapure, entre la serranía de Guacharacaima y Los Pijiguaos, donde afloran las unidades litoestratigráficas de: Granito de Santa Rosalía, metavolcánicas ácidas de la Formación Caicara; Granito de San Pedro, metabasitas, Granito de Pijiguaos, Granito rapakivi del Parguaza y el Granito de Guaniamito, expuesto unos 60 km al este de Guacharacaima. La edad establecida del Supergrupo Cedeño no está bien definida; sin embargo, se puede decir que es más joven que el Supergrupo Pastora (2200 ± 50 m.a). Se desconoce su base sutope es discordante por debajo de la Formación Roraima (Mendoza, V., 2005)

2.6.3 Grupo Cuchivero

Está constituido por la Formación Caicara, Granito de San Pedro y el granito de Santa Rosalia

2.6.3.1 Formación Caicara

La Formación Caicara está constituida por lavas tobáceas y brechas ácidas de color gris oscuro y granito fino, micro y macroporfídicas, moderada a extremadamente foliadas, plegadas y falladas. A pesar de tal deformación las estructuras de flujo y la estratificación ígnea originales se reconocen fácilmente (Ríos, 1969).

Las cuarzo-latitas de la Formación Caicara han sido intrusionadas por los Granitos de Santa Rosalía, San Pedro y Parguaza, aunque localmente su contacto con los mismos es de falla. Se desconoce el basamento de las cuarzo-latitas. Por estas relaciones intrusivas, las volcánicas de Caicara deben ser más antiguas que los Granitos de Santa Rosalía y Parguaza.

2.6.3.2 Granito de Santa Rosalía

El Granito de Santa Rosalía es masivo a semi-foliado, plutónico de grano medio a muy grueso, constituido esencialmente por cuarzo, feldespato potásico- pertita, plagioclasa: oligoclasa; biotita marrón pleocroica; hornablenda, accesorios y secundarios (titanita, apatito, epidoto, clorita, opacos y otros). (Ríos, 1969), El Granito de Santa Rosalía es intrusivo en las cuarzo-latitas de la Formación Caicara, aunque localmente el contacto puede ser de falla. El Granito Rapakivi del Parguaza se deduce intrusivo en el Granito de Santa Rosalía, en atención a la presencia de un granito porfídico en la zona de contacto.

2.6.3.3 Granito de San Pedro

Son rocas graníticas, macizas a moderadamente foliadas, de grano fino, equigranulares, que afloran entre El Budare y Pijiguao, 3 km al oeste del paso de San Pedro en el río Suapure. El Granito de San Pedro esencialmente está constituido por cuarzo cataclástico, feldespato potásico y pertita, plagioclasa Na, accesorios y secundarios tales como biotita, apatito, opacos, clorita y epidoto en pequeñas cantidades.

El Granito de San Pedro podría equivaler a las intrusivas menores ácidas en el área del río Cuchivero (Ríos, 1969), que también intrusionan a las volcánicas.

2.6.4 Metabasitas

Las metabasitas son rocas macizas de grano fino a medio y textura variable de ofítica a sub-ofítica a intersectoral. Mineralógicamente consisten en anfíbol verde oscuro a claro, plagioclasas (labradorita-andesina) más o menos alteradas, epidoto, clorita, escaso cuarzo, biotita rojiza a marrón y opacos; no se observan piroxenos. En

la región del Río Suapure las metabasitas son muy escasas y siempre intrusionan rocas del Grupo Cuchivero, las cuarzo-latitas de la Formación Caicara y el Granito de Santa Rosalía, pero se observan como xenolitos en el Granito Rapakivi del Parguaza.

2.6.5 Granito de Guaniamito

Es un granito gnéísico, porfídico, de grano grueso, constituido por cuarzo, biotita, feldespato alcalino, hornablenda y minerales opacos. (Ríos, 1968). El Granito de Guaniamito aflora en tres zonas diferentes: El Tigre, El Chingo y Guaniamito. Estaroca no se observa en el área del río Suapure.

2.6.5.1 Grupo Suapure

Está conformado por el Granito de Los Pijiguao y el granito de Parguaza.

2.6.5.2 Granito Pijiguao

Es un granito leucocrático (5% máficos) de color rosado salmón, grano fino macizo de aspecto sub-volcánico, expuesto en la base del Domo de Pijiguao, en contacto no reaccional con el Granito Rapakivi del Parguaza. De acuerdo a estudios en imágenes de radar este granito se extiende por las partes bajas de los ríos Parguaza, Villacoa y Ventuari.

El granito es de grano fino a medio, masivo y sin desarrollo de textura gráfica. Consiste en feldespato potásico \pm peritita, plagioclasa albitica, cuarzo, biotita marrón con apatito, opacos como accesorios más frecuentes, epidoto y clorita como secundarios.

El Granito de Pijiguao siempre aflora como lajas por debajo del Granito del Parguaza. Se desconoce su edad absoluta, pero debe ser similar (o más antigua) a la del Granito del Parguaza.

2.6.5.3 Granito del Parguaza

Candless propuso este nombre para designar un granito de grano muy grueso, masivo con textura rapakivi y rico en feldespato potásico, biotita y hornablenda, expuesto desde Puerto Páez hasta Los Pijiguaos cuyos mejores afloramientos están en el Salto Maracas del río Parguaza, en las montañas de El Tigre y los Domos de Pijiguao. El Granito del Parguaza constituye un batolito de composición homogénea en la Provincia Estructural de Amazonas ubicada en la parte Nor-Oriental del Escudo de Guayana y representa una de las más grandes intrusiones graníticas anorogénicas del mundo (McCandless, 1965).

El Granito Rapakivi es una roca masiva sin indicios de metamorfismo o tectonismo sobreimpuestos. Sin embargo, hacia los bordes del batolito, en especial el lado oeste presenta zonas de cizalla con emplazamientos de pegmatitas. El granito se compone de cuarzo (10 - 25%), oligoclasa (15 - 30%), microclino-perfítico (25 - 55%) biotita (2 - 15%) y hornablenda (5 - 20%). La edad radiométrica de estos granitos rapakivis por el método Rb - Sr, en roca total isócrona es de 1531 ± 39 m.a (Gaudettey otros, 1977).

2.7 Geología local

El área de estudio esta caracterizada geológicamente por una secuencia de granios de textura Rapakivi, cruzados por diques pegmatíticos, vetas de cuarzo e intrusiones aplíticas, los cuales por efectos mecánicos y fisicoquímicos han sido fracturados y movidos de su posición original por las corrientes fluviales y por la

gravedad, moviendo también los minerales constitutivos pendiente abajo, formando importantes acumulaciones residuales de interés geoeconómico.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

A la fecha, no se ha publicado una investigación referente a las particularidades geomorfológicas.

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

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

La empresa C.V.G. TECNICA MINERA C.A (1988), realizó un mapa en base a la **INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LA HOJA NB-19-8, A ESCALA 1: 250.000.**

La utilidad de este trabajo radica en se hizo un inventario a escala regional de la zona ubicada al oeste, entre Los Pijiguaos y Puerto Ayacucho. La presente investigación busca actualizar y trabajar más a detalle, usando las imágenes satelitales modernas.

Mendoza, V. (2000) en su texto **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (SU**

RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE). introdujo el concepto de Supergrupo Cedeño para dos grandes grupos de rocas graníticas, aflorantes en el área del río Suapure.

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

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

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

Para esta investigación se verificara la textura reportada por Ríos, J. (1972) y las relaciones de campo entre el granito de Santa Rosalía y las otras unidades.

3.2 Definición de términos básicos

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

3.2.1 Sensores remotos

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

3.2.2 Teledetección o percepción remota

Según Chuvieco E. (1990), es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor. En este caso la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

1. Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado).
2. Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico).

3. Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar).

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

3.2.3 Criterios para la interpretación visual

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

3.2.3.1 Brillo

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

3.2.3.2 Color

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

3.2.3.3 Textura

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

3.2.3.4 Sombras

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

3.2.4 Rocas ígneas

Son rocas cristalinas o vítreas que se forman a partir del enfriamiento y solidificación del magma, proceso que puede ocurrir debajo de la superficie terrestre o después de una erupción volcánica en la superficie. En cualquier caso las rocas resultantes se denominan rocas ígneas (Méndez, J. 2006).

Las rocas ígneas se originan a partir de un volumen de roca fundida en profundidad, incluyendo gases disueltos, volátiles como el agua y cristales, que experimentan enfriamiento en las zonas internas de la corteza o al ser expelido como lava, dando como resultado a las rocas ígneas (Méndez, J. 2006).

Las rocas ígneas se dividen en dos grupos, dependiendo del lugar donde se formaron:

3.2.5 Rocas intrusivas o plutónicas

Formadas a partir de un magma que se solidificó debajo de la superficie de la tierra. Estas rocas se forman cuando el magma penetra un bolsillo o una recámara subterránea que se encuentra relativamente fría y que se solidifica en forma de cristales, debido a que se enfrían lentamente, y genera rocas que contienen cristales. Entre las rocas ígneas intrusivas o plutónicas más comunes son el gabro, diorita, y granito, etc. (Méndez, J. 2006).

3.2.6 Textura fanerítica (grano grueso)

Texturas de rocas de origen intrusivo. Textura de grano grueso, visible a simple vista, desarrollada en rocas ígneas, derivadas de magmas con cristalización y solidificación lenta en el interior de la corteza terrestre (Méndez, J. 2006).

3.2.7 Foliación

Según Tarbuck y Lutgens (2005) el término foliación se refiere a cualquier disposición planar (casi plana) de los granos minerales o los rasgos estructurales del interior de una roca. Aunque hay foliación en algunas rocas sedimentarias e incluso en unos pocos tipos de rocas ígneas, es una característica fundamental de las rocas que han experimentado metamorfismo regional, es decir, unidades rocosas que se han plegado y se han deformado enormemente. En los ambientes metamórficos, la foliación es provocada, en última instancia, por los esfuerzos compresivos que acortan las masas rocosas, haciendo que los granos minerales de las rocas preexistentes desarrollen alineamientos paralelos o casi paralelos. Son ejemplos de

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

3.2.8 Diaclasas

las diaclasas son fracturas a lo largo de las cuales no se ha producido desplazamiento apreciable. Aunque algunas diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría se produce en grupos aproximadamente paralelos (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2004).

3.2.9 Mapa base

Puerta, Rengifo y Bravo (2011) indica que los mapas base recopilan los datos clave para ofrecer una base reutilizable para diversos mapas. Los mapas base proporcionan una base o un lienzo para su trabajo. Pueden ser de finalidad general, (como los mapas base topográficos, de imágenes o callejeros), o bien centrarse en un tema en concreto, (como los mapas base hidrológicos o geológicos). Es posible dibujar cualquier dato sobre un mapa base. El mapa base proporciona un contexto geográfico y detalles de referencia.

3.2.10 Mapa geológico

Es una representación de los accidentes geológicos de la tierra en un plano. Los mapas son una herramienta de uso extendido en la investigación, ubicación y en el estudio porque nos ofrecen una representación geográfica del planeta tierra proyectada en una superficie plana. En tanto, el concepto de geológico refiere a todo aquello vinculado o propio a la geología. La geología es la ciencia por excelencia que se ocupa del estudio de la tierra, su origen su constitución y los materiales que la componen por dentro y por fuera (Puerta, Rengifo y Bravo, 2011).

Según los autores nos acercan una representación pormenorizada de todos los accidentes geológicos presentes en la superficie terrestre, tal es el caso de los tipos de rocas presentes, las formaciones geológicas, las deformaciones de las estructuras geológicas como son foliaciones, fallas y pliegues, entre otros (Puerta, Rengifo y Bravo, 2011).

3.2.11 Pegmatita

Roca magmática constituida por cristales de gran tamaño, de color claro y textura laminar compuesta de feldespato y cuarzo (Diccionario Google Earth, 2023).

3.2.12 Aluvión

Sedimentos no consolidados depositados por un cauce de agua (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.2.13 Coluvión

Material depositado al pie de una pendiente tras un corto recorrido y como consecuencia de la acción erosiva de las agua de arroyada (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.2.14 Eluvión

Material descompuesto in situ, por el intemperismo, casi sin ningún tipo de transporte (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.2.15 Regolito

Capa de rocas y fragmentos minerales que cubren casi cualquier parte de la superficie (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005) (Figura 3.1).

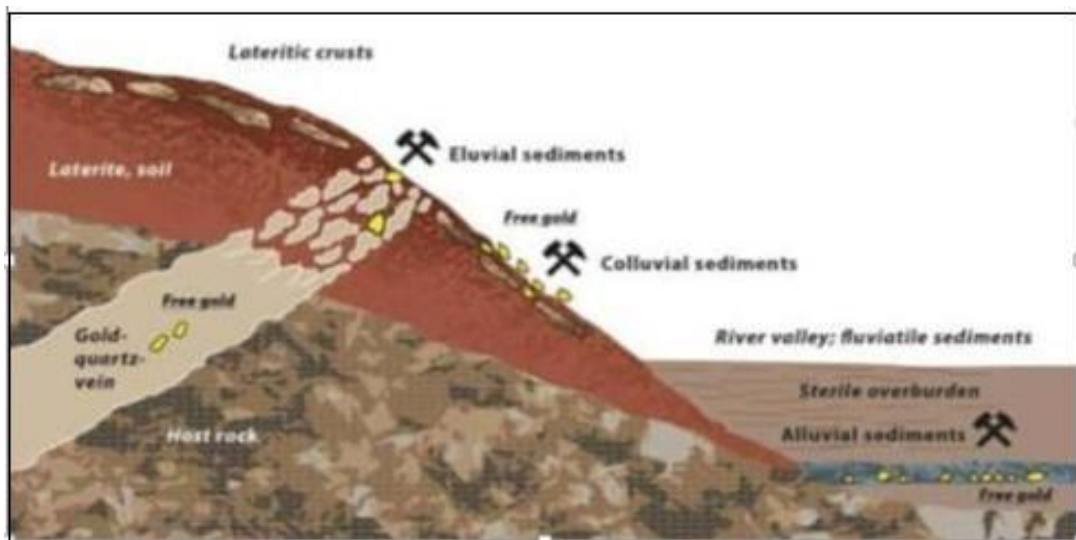


Figura 3.1 Diferentes tipos de meteorización de la roca, con nombres dependiendo de la distancia recorrida pendiente abajo de la fuente (Tarbuck, E. y Lutgens, F. 2005).

3.3 Fundamentos teóricos

3.3.1 Coltan

El Coltan es como se llama comúnmente en África a la contracción de 2 minerales: La Columbita $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ y la Tantalita $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$, pudiéndose encontrar en distintas proporciones. Ambos minerales son óxidos de Niobio y Tantalio, con Hierro y Manganeseo respectivamente (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Es un mineral de color negro o marrón muy oscuro, que se utiliza en microelectrónica, telecomunicaciones y en la industria aeroespacial.

Gracias a su composición de estos 2 minerales, el Coltan con una serie de propiedades que lo hacen muy útil: soporta altas temperaturas, su resistencia lo clasifican como refractario, ya que tiene un alto punto de fusión y ebullición (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

3.3.2 Principales características del Coltan (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

- a) Soporta altas temperaturas
- b) Su resistencia al calor es el doble del hierro
- c) Cuenta con una alta capacidad para el almacenaje de cargas eléctricas
- d) Es muy resistente a la corrosión
- e) Alta resistencia al desgaste
- f) Es mejor conductor que el cobre.

3.3.3 Columbita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Fórmula química: $(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Nb}_2\text{O}_6$

Clase: Óxidos.

Etimología: Deriva del nombre de Cristóbal Colón, como homenaje por haber sido descubierta por primera vez en el continente americano.

Génesis

1. En pegmatitas y granitos de carácter albitico y con silicatos líticos.
2. Sedimentario en placeres derivados de las rocas anteriores.

Propiedades físicas de la Columbita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Las características de este mineral se observan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Propiedades físicas de la Columbita
(Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Color	Negro pardo
Raya	Roja negra
Brillo	De submetálico a subresinoso
Dureza	De 6 a 6.5
Densidad	6.65g/cm ³
Óptica	Transparentes en esquirlas, pleocroico
Otras	Muy frágil

Punto de Ebullición	3.300°C
Punto de Fusión	2.468°C

.4.3.4 Tantalita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Fórmula química: (Fe, Mn) Ta₂O₆

Clase: Óxidos.

Etimología: “Deriva del nombre del dios Tántalo en alusión por su dificultad en fundir en ácidos”.

4.3.4.1 Génesis

1. En pegmatitas y granitos de carácter albítico y con silicatos líticos.
2. Sedimentario en placeres derivados de las rocas anteriores

Propiedades físicas de la Tantalita (Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Las características de este mineral se observan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Propiedades físicas de la Tantalita
(Bolívar, A y Manrique, A. 2011).

Color	Negro pardo
Raya	Roja negra
Brillo	De submetálico a subresinoso
Dureza	De 6 a 6.5.
Densidad	8.0 – 8,1g/cm ³
Óptica	Transparentes en esquirlas, pleocroico
Otras	Muy frágil
Punto de Ebullición	5.425°C
Punto de Fusión	2.996°C

4.3.5 Casiterita (SnO₂)

Mineral compuesto de bióxido de estaño, de color amarillo o pardo y brillo diamantino o mate, cristaliza en el sistema tetragonal en forma de pirámide y prismas y en maclas (asociaciones simétrica de dos o mas cristales simples de la misma especie). Es la principal mena del estaño (Diccionario Google Earth, 2023).

Elemento químico, de símbolo Sn, número atómico 50 y peso atómico 118.69, Se funde a baja temperatura; tiene gran fluidez cuando se funde y posee un punto de ebullición alto, es suave, maleable, flexible y resistente a la corrosión en muchos medios (Klein, Cornelis y otros, 1981).

El estaño se obtiene principalmente a partir del mineral Casiterita en donde se presenta como óxido. La formación de la casiterita está enlazada con las pegmatitas, donde se encuentra junto con la muscovita, la albita, el Cuarzo, etc, así como en filones hidrotermales (Klein, Cornelis y otros, 1981).

El Estaño se presenta en la corteza terrestre en forma de Casiterita, de donde se extrae. La casiterita se puede encontrar principalmente en yacimientos que se forman por profundos procesos geológicos de deposición, como las intrusiones graníticas en las que este mineral aparece metido en rocas duras como: el cuarzo, el granito y las pegmatitas (Klein, Cornelis y otros, 1981).

4.3.5.1 Propiedades físicas de la Casiterita

En la Tabla 4.3 se muestran algunas propiedades físicas importantes de la Casiterita

Tabla 4.3 Propiedades físicas (Klein, Cornelis y otros, 1981).

Sistema	Cristalino tetragonal
Formula química	(SnO₂)
Hábito	Cristales prismáticos, dipiramidales, isométricos, prismáticos a aciculares. Se encuentran también en forma de granos diseminados de forma irregular, agregados ariñonados y esferolíticos
Dureza	6.5 - 7.0
Densidad	6.8 - 7.0
Color	blanco; la casiterita es de color marrón oscuro, pardo hasta negro
Raya	marrón clara
Brillo	metaloide o adamantino
Textura	Blanda
Descripción	El Estaño es maleable y dúctil, que forman el papel de Estaño Se puede encontrar en llanuras aluviales, vetas, filones y/o en las profundidades de la corteza terrestre, es decir, pegmatitas, filones neumatólíticos, filones hidrotermales y saponitas.

Las rocas que se asocian al principal mineral contenedor del estaño son los Granitos y las Pegmatitas que se encuentran en cúpulas Graníticas, además la Sienita y los Diques Basálticos en un segundo plano. Se asocia a la fase tardía de la cristalización granítica (*neumatolisis*). En los granitos neumatólíticos y pegmatitas, la casiterita suele ir acompañada de wolframita, sheelita y mispiquel. (Klein, Cornelis y otros, 1981).

En Venezuela no se han localizado depósitos epitermales vetiformes de estaño, o depósitos diseminados de este mineral en centros volcánicos, tales como los que abunda en Bolivia y en el norte de Argentina. Las manifestaciones de Sn, Nb y Ta en Venezuela, parecen constituir las clásicas mineralizaciones asociadas con complejos graníticos y pegmatíticos. La zona noreste del Territorio Federal Amazonas, hoy

Estado Amazonas, y la región suroccidental del Distrito Cedeño, hoy Municipio del Estado Bolívar, constituyen una de las áreas metalogénicas de Sn, Nb, Ta, Ti y Fe más interesantes de Venezuela (Klein, Cornelis y otros, 1981).

La Casiterita es el mineral principal que contiene al Estaño, conteniendo de éste en una proporción de 77% además de un 21% de Oxígeno acompañado de Hierro y otros minerales en menor proporción (Klein, Cornelis y otros, 1981).

Se funde a baja temperatura; tiene gran fluidez cuando se funde y posee un punto de ebullición alto. Es suave, flexible y resistente a la corrosión en muchos medios. Una aplicación importante es el recubrimiento de envases de acero para conservar alimentos y bebidas. Otros empleos importantes son: aleaciones para soldar, bronces, pletres y aleaciones industriales diversas. Los productos químicos de estaño, tanto inorgánicos como orgánicos, se utilizan mucho en las industrias de galvanoplastia, cerámica y plásticos, y en la agricultura (Klein, Cornelis y otros, 1981).

El Estaño se obtiene principalmente a partir del mineral Casiterita en donde se presenta como óxido, y también en el cobre. La formación de la Casiterita está enlazada con las pegmatitas, donde se encuentra junto con la muscovita, la albita, el Cuarzo, etc, así como filones hidrotermales. Debido a su dureza, estabilidad química y gran peso, la casiterita no es barrida, ni destruida por el viento al actuar éste sobre las masas graníticas. Por el contrario, se concentra, junto con otros minerales pesados, en las zonas de destrucción de los granitos, en los lechos de los ríos o en las costas del mar, formando a veces extensos depósitos superficiales, los yacimientos de piedra estannífera. (Klein, Cornelis y otros, 1981).

4.3.5.2 Tipos de Rocas Asociadas

Las principales rocas que se asocian al principal mineral contenedor del Estaño son los Granitos y las Pegmatitas que se encuentran en cúpulas Graníticas, además la Sienita y los Diques Basálticos en un segundo plano. La Casiterita es un mineral que resulta de la oxidación del Estaño (SnO_2), es un mineral típico de las pegmatitas, es decir, se asocia a la fase tardía de la cristalización granítica (*neumatolisis*). En los granitos neumatolíticos y pegmatitas, la Casiterita suele ir acompañada de wolframita, sheelita y mispíquel. (Klein, Cornelis y otros, 1981).

Otras asociaciones son Bavenita $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Be}_2 [(\text{OH})_2/\text{Si}_9\text{O}_{26}]$, sulfuro de Níquel o Milarita NiS , Fenaquita y la Fluorita. Asociado al Estaño, encontramos también al Niobio (Nb) y al Tántalo (Ta), que forman el Coltan (Klein, Cornelis y otros, 1981).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Arias, F. (2006), en cuanto a los tipos de investigación, existen muchos modelos y diversas clasificaciones. Sin embargo, lo importante es precisar los criterios de investigación.

En este sentido, se identifica: según su nivel en explicativa.

4.1.1 Investigación explicativa

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

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos del tema en estudio, la investigación se considera explicativa; porque trata de enfocar el muestreo de rocas y CP en oficina, así como también las características morfoestructurales del área mediante la interpretación de imágenes satelitales.

4.2 Diseño de la investigación

Según Hurtado (2000), esta investigación presenta un diseño proyectiva.

4.2.1 Diseño de investigación proyectiva

Este tipo de investigación consiste en “la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo”

En la presente investigación se seguirá un diseño proyectivo, ya que esta propuesta de muestreo requiere la descripción, el análisis y la explicación de los procesos que involucran el transporte y depositación de los materiales mineralizados.

4.3 Población de la investigación

La población, o en términos más precisos la población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos a estudio (Arias, F. 2006).

En este caso la población objetivo es el área aledaña a un tramo del Río Parguaza, en el Sector Los Mangos de una hectárea aproximadamente, con opción a ampliarla.

4.4 Muestra de la investigación

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

En esta investigación se propone tomar las muestras de Concentrados pesados (CP) sobre un mallado de 20 picas orientadas NS, de 500 m de largo, separadas cada 100 m. Se propone tomar muestras de CP separada cada 50 m, lo que significan 47 muestras de CP

De igual forma, se propone un seguimiento y muestreo de quebradas, con toma de CP en sitios de acumulación de material.

Igualmente se tomaran muestras de rocas en los afloramientos encerrados dentro del área de estudio. Este muestreo pedogeoquímico permitirá tener una densidad de muestreo en el área de 2 muestras/m².

4.5 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

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

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formato de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escala de actitudes u opinión (tipo likert), etc. (Arias, F. 2006).

Para este caso las técnicas de recolección de datos se implementaran la observación directa dado a que se observaron directamente sobre las imágenes, donde se apreciaron las tonalidades, drenajes, fracturas y brillo.

Se utilizaron recursos tanto en físico como en digital para obtener, registrar o manipular los productos generados y para su posterior análisis e interpretación. Entre los instrumentos utilizados tenemos: computadoras, impresoras, fotocopadoras, pendrives, lápiz, libretas, glosarios, marcadores, hojas de acetato, hoja cartográfica e imágenes.

4.6 Flujograma de la investigación

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos, se dividió el trabajo en cuatro (4) fases, tanto teóricas como prácticas, y se clasificó de manera sistemática según la Figura 4.1

4.6 Flujograma de la investigación

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos, se dividió el trabajo en cuatro (4) fases, tanto teóricas como prácticas, y se clasificó de manera sistemática según la Figura 4.1

4.6.1 Fase I Recopilacion de la informacion

Comprende la recopilación bibliográfica y cartográfica.

4.6.1.1 Información bibliográfica

Las fuentes bibliográficas conforman las bases teóricas de la investigación. Para ello se consultó la literatura previa del área (trabajos de grado, trabajos de investigación, informes técnicos, artículos, entre otros). Tanto las imagenes de radar

como las satelitales fueron revisada visualmente y las herramientas tecnológicas fueron consultadas a usuarios permanentes de las mismas.

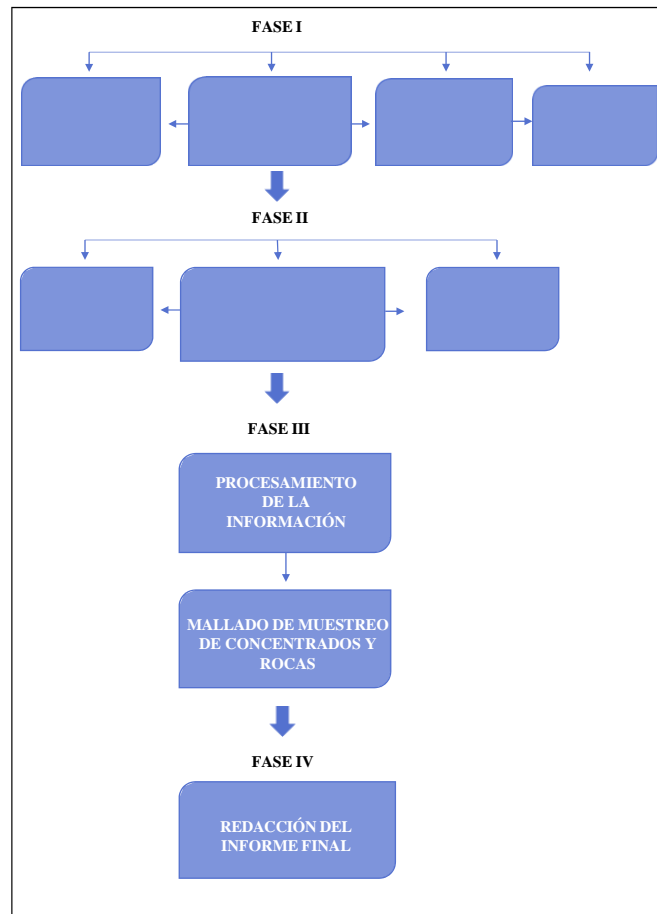


Figura 4.1 Flujograma de la metodología

4.6.1.2 Información cartográfica

En cuanto a la información cartográfica se utilizó la imagen de radar NB-19-8, y su interpretación a escala 1:250.000 de la Empresa CVG Tecmin y la imagen del software Google Earth 2024. El producto de esta primera fase fue la elaboración del mapa base cartográfico (Figura 4.2).

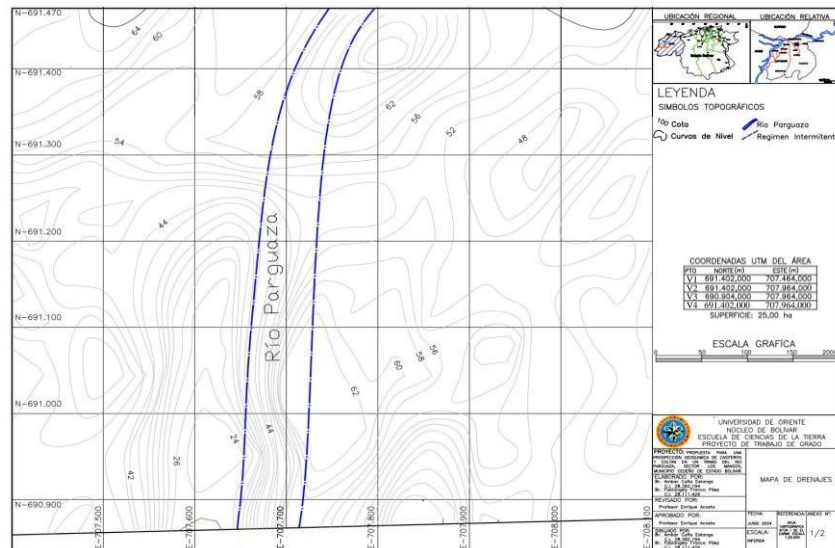


Figura 4.2 Mapa Topografico de la zona de estudio.

4.6.1.3 Descripción visual del área

Mediante el reconocimiento visual de las imágenes se pudo reconocer el relieve, el drenaje y la geología, entre otras características, que sirvieron de base para complementar el trabajo de oficina (Figura 4.3).



Figura 4.3 Revisión visual e interpretación del mapa topográfico.

4.6.2 Fase II Interpretación de los sensores remotos

Esta etapa consistió principalmente en la interpretación de las imágenes sensoriales, para elaborar los mapas temáticos cuyo análisis sirvió de base para la redacción del informe final. Estos mapas temáticos son: Mapa geomorfológico, Mapa de drenaje y mapa geológico.

4.6.2.1 Elaboración de mapa geomorfológico

Este mapa se elaboró con el fin de ser usado como plataforma para construir los otros mapas temáticos (drenaje y geológico).

Para el diseño del mapa geomorfológico primero se interpretaron las características del relieve del terreno para así comprender mejor sus formas.

Seguidamente sobre un acetato se localizaron y se dibujaron con ayuda de un marcador punta fina las áreas más elevadas en el mapa

También se realizó la delimitación de las diferentes unidades geomorfológicas presentes en el área. Se identificaron las distintas formas del relieve, teniendo en cuenta la textura, la tonalidad y la forma o patrón de drenaje, que se observaron en las imágenes. Por consiguiente, se determinaron 2 unidades denominadas como A y B (Figura 4.4).



Figura 4.4 Delimitación de las 2 unidades geomorfológicas de acuerdo a sus patrones de brillo, vegetación, topografía y drenaje.

4.6.2.2 Elaboración de mapa litológico

Para elaborar el mapa litológico primeramente se interpretaron los tipos de rocas presentes en el área en base a su textura, color y drenaje. Luego se colocó un acetato sobre la imagen y con un marcador punta fina se procedió a demarcar los límites o contactos geológicos entre litologías y a designarlas con las letras A, B y C (Figura 4.5).



Figura 4.5 Delimitación de las unidades litológicas del área de estudio.

4.6.2.3 Elaboración del mapas de drenaje

Para la elaboración del mapa de drenaje a partir del mapa topográfico, fue necesario aplicar la regla de las "V", que nos permitió determinar por donde va la escorrentía y el lugar donde finalizan su recorrido; localizar las áreas más altas e identificar cursos del agua en el mapa. Con ayuda de un marcador punta fina se fueron dibujando las líneas de drenaje en un acetato, siguiendo la dirección de flujo de agua, desde las áreas más altas y posteriormente marcar donde los cursos de agua posiblemente se unen (Figura 4.5).



Figura 4.6 Interpretación de la red de drenaje presente en el área.

4.6.3 Fase III Procesamiento de la información

Esta fase del trabajo se desarrolló mediante la integración de la información interpretada del drenaje y la litología.

4.6.3.1 Elaboración del mapas de muestreo

Se fundamenta en analizar la información obtenida de las imágenes satelitales y así proponer los puntos de muestreo más idóneos.

Para georeferenciar las muestras con mayor precisión, se propone un mallado de muestreo que tendrá como eje de simetría el Río Parguaza, el cual divide a la zona en 2 porciones casi iguales. Seguidamente se trazaron en cada zona un eje de dirección NS y transversal a estos ejes 7 picas de dirección EW.

Los puntos de muestreo de concentrados pesados se ubicaron en los puntos de intersección y sobre drenajes de régimen intermitente de quebradas de primero y segundo orden que drenan la zona con pendientes hacia el río Parguaza (Figura 4.6).



Figura 4.7 Trazado de la red para muestreo de concentrados pesados y rocas.

Es conocido que los minerales pesados, una vez arrancados por el intemperismo de su roca caja, son transportados pendiente abajo por la gravedad. El muestreo propuesto garantiza que tanto los coluviones como los aluviones y eluviones son muestreados.

El protocolo de muestreo indica que cada sitio y cada muestra se documentan con datos de campo que describen las condiciones generales del entorno en el momento del muestreo (litología, clima, paisaje, usos del suelo, vegetación), las propiedades físico-mineralógicas de las muestras químicas recolectadas (color, humedad, tamaño de partícula, textura, etc.), la descripción del perfil de sedimentación con levantamiento de columna y fotografías del entorno del sitio de muestreo y del perfil muestreado.

Con esta propuesta de muestreo se garantiza el cubrimiento de toda el área, recolectándose 51 muestras de CP y 6 muestras de rocas, para una densidad de muestreo mayor de 2 muestras/hectarea.

4.3.3.4 Fase IV Redaccion del informe final

Una vez culminadas todas las fases que conforman la metodología de trabajo, y luego de examinar los análisis de los resultados, se procedio a la revisión final de los mapas, en términos de calidad de los productos (mapas), cumpliendo con los objetivos establecidos. Seguidamente 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.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis e interpretación de los resultados se realizó mediante el estudio visual de los productos obtenidos y procesados por los programas Autocad 2016 y Global Mapper 17.0. La información generada con esta investigación es muy útil en la evaluación de los recursos minerales y en la predicción de las zonas más favorables para iniciar una explotación temprana.

5.1 Determinar las unidades litológicas y geomorfológicas del área. mediante la interpretación de imágenes satelitales

5.1.1 unidades litológicas

% de cada roca el río se encajona hacia el sur, donde drena en forma muy recta a lo largo de una falla de rumbo NS.

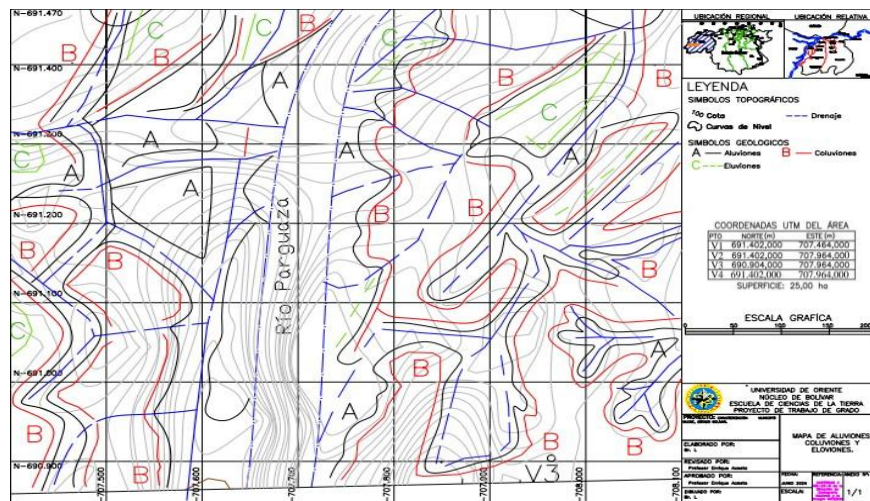


Figura 5.1 Mapa litológico deducido a partir de la interpretación de las imágenes sensoriales.

5.1.2 unidades geomorfológicas

El área en estudio tiene forma de bisagra, con el río Parguaza en el centro, dividiéndola casi simétricamente. Basado en la revisión visual de las imágenes se pudieron diferenciar 2 tipos de relieves que contrastan claramente por el contacto entre los mismas, ya que la pendientes entre cada unidad varían notablemente (Figura 5.2)

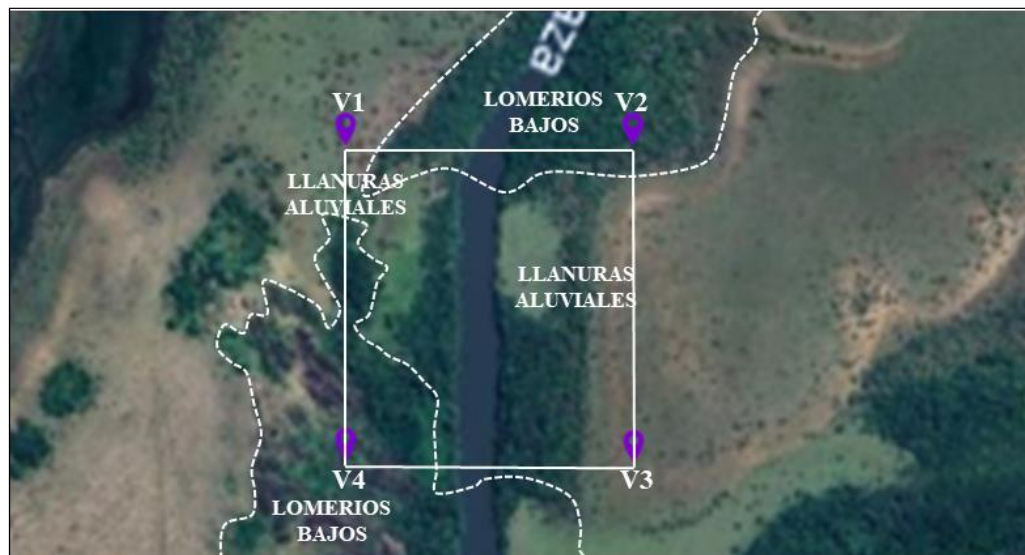


Figura 5.2 Topoformas presentes en los alrededores del río Parguaza, Sector Los Mangos.

Estos son: El primero que cubre menor superficie es el paisaje de Lomerios bajos y el segundo, que ocupa mayor territorio es el paisaje de Llanuras Aluviales. Estos paisajes se describen a continuación:

5.1.2.1 Paisaje de Lomerios bajos

Abarca el 30 % de la zona de estudio, se ubica en el extremo S-SW y una pequeña franja al Nore, donde aparecen como filas alargadas orientadas SN. Se

caracterizada por lomas con moderado desnivel topográfico, vegetación moderada y drenaje denso, cuyas cotas en la margen izquierda sobrepasan los 44 msnm y en la margen derecha los 72 msnm. Presentan drenaje dendrítico y en las partes con predominio de fracturas, drenajes rectilíneo. Su pendiente oscila entre 10 % a 20 %.

Según la interpretación de las topofomas, esta unidad se corresponde con la marcada con la letras “A”.

5.2.2 Paisaje de Llanuras Aluviales

La Unidad de Llanuras Aluviales, abarca el 70 % de la zona, se encuentra ubicada mayormente hacia la parte central y el Este. se caracterizada por llanuras aluviales con abundante red de drenaje de carácter intermiente y vegetación escasa.

Esta unidad es muy regular y homogénea, contrastando claramente con la unidad de lomeríos bajos. En ella se hallan las menores altitudes, oscilando entre 44 msnm a orillas del rio y 62 msnm, en las partes mas altas. Sus pendientes fluctúan entre 0 % y 10 %. En esta llanura aluvial se depositan sedimentos residuales tipo Coluviones, zonas inundables del Rio Parguaza y aluviones provenientes de la meteorización de las rocas graníticas y así como también el desmembramiento de las partes mas elevadas por efecto de la erosión y la gravedad.

Según la interpretación de las topofomas, esta unidad se corresponde con la marcada con la letras “B”.

En la Tabla 5.1 se hace un resumen de los atributos interpretados de los diferentes paisajes de la zona de estudio.

Tabla 5.1 Parametros establecidos para comparar los tipos de paisajes.

Atributos/Paisajes	Lomerios bajos	Llanura Aluvial
Altura relativa	Media	Baja
Topografia	Domos alargados	Plana
Grado de diseccion	Fuerte
Perfil	Agudo	Rectilineo
Pendiente	10 % a 20 %	0 % a 9 %
Patron	Dendritico
Vegetacion	Moderada de poca altura	Escasa
Densidad	Alta (muy denso)
Dinamica (erosion)	Surcos	Difuso

5.2 Delimitacion del drenaje del área, mediante la interpretación de las imágenes satelitales y la topografía

De acuerdo a la interpretación de la red de drenaje, se observa que el mayor cauce de zona de estudio esta representado por el Rio Parguaza, el cual divide el área en 2 partes casi iguales, con pendientes hacia el rio (Figura 5.3).



Figura 5.3 Interpretación del drenaje, deducido sobre el mapa topográfico y las imágenes satelitales.

Se identificaron 3 tipos de drenaje. El drenaje de primer orden, de carácter dendrítico intermitente, que se localiza hacia el Sur y hacia el Norte, muy cerca de la roca. Estos drenajes de primer orden son de gran importancia por la gran cantidad de CP que se localizan y presentan poco transporte.

El drenaje de segundo orden se forma por la unión de 2 o más drenajes de primer orden. En relación a este segundo orden, los puntos más favorables para la acumulación de mineral son los cursos medios de las quebradas y meandros, donde la corriente circula rápidamente. En la parte interior de los mismos se encuentran los depósitos de elementos de alto peso específico, así como también los antiguos cauces que pueden localizarse en superficie o enterrados.

El drenaje de tercer orden es el propio río Parguaza, el cual en época de invierno puede mover en saltación y en arrastre mucho volumen de material, desde arenas negras y arcillas, hasta bloques grandes de rocas.

5.3 Diseñar un mallado para geoposicionar muestras de concentrados pesados (CP) y de rocas

Para garantizar un cubrimiento espacial homogéneo y permitir el manejo de datos se ha diseñado una red de muestreo que toma como referencia al propio río Parguaza, con 2 ejes de dirección NS y transversal a estos ejes 7 picas de dirección EW. Las muestras se colectarán por duplicado en las intersecciones. De acuerdo con las unidades geomorfológicas y la presencia de afloramientos en el área, la profundidad del muestreo, hasta el basamento no debe exceder de 2 m. (Figura 5.4).

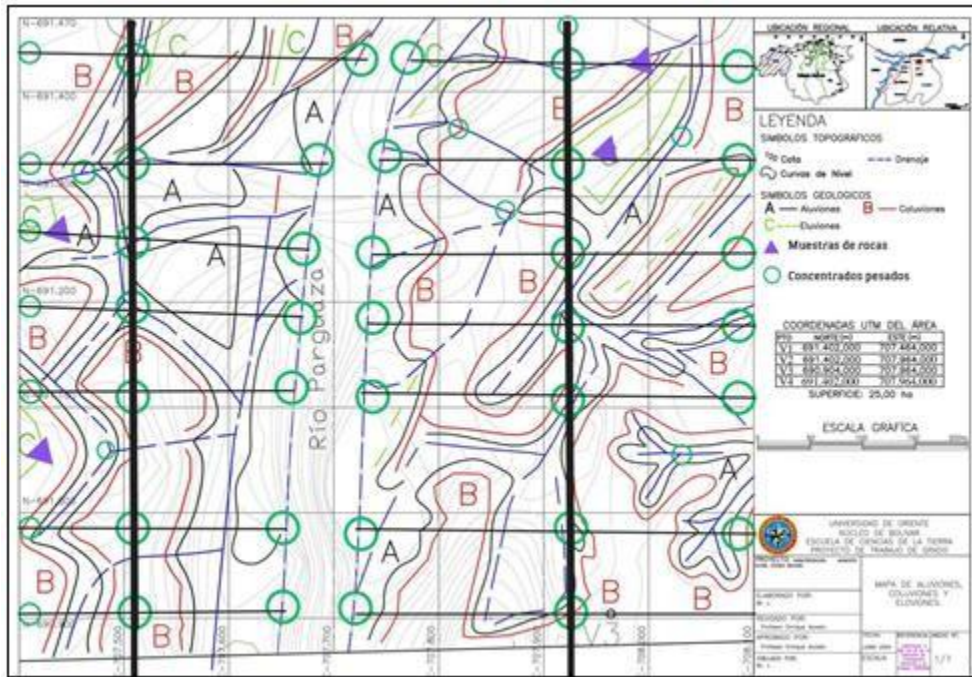


Figura 5.4 Propuesta de muestreo para cubrir toda el área de estudio.

Con esta propuesta de muestreo se garantiza el cubrimiento de toda el área, recolectándose 51 muestras de CP y 6 muestras de rocas, para una densidad de muestreo mayor de 2 muestras/hectarea.

5.4 Representar las unidades litológicas y las estructuras en un mapa geológico a escala 1:5.000

La zona de estudio presenta una amplia cobertura coluvio-aluvional en las partes bajas, producto de la desintegración física y química de las rocas.

Dicha cobertura coluvio-aluvional hace que en pocas partes se presenten rocas frescas, los suelos se muestran cubiertos con un manto heterogeneo de fragmentos de cuarzo, materiales oxidados y rocas, de multiples tamaño, que en algunas partes puede superar los 50 cm.

La interpretación de las unidades litológicas que conforman el área, separa 3 litologías que se diferencian por su topográfica, vegetación, drenaje y geomorfología. Estas son los aluviones formados por sedimentos transportados por el río Parguaza y quebradas afluentes, los coluviones, que tienen poco transporte y las rocas frescas. Estas últimas afloran en un tramo recto del río, hacia el Sur (Figura 5.8).

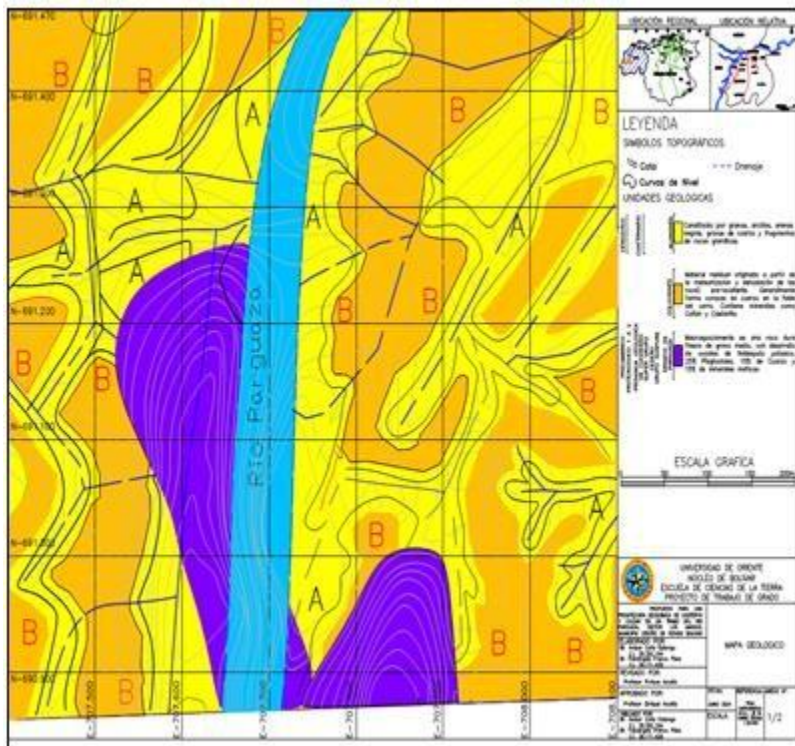


Figura 5.8 Mapa geológico (Interpretado) generalizado de la zona de estudio.

La estratigrafía del área se inicia en la base con el granito Rapakivi de Parguaza, el cual abarca el 15 % del área. Se ubica al sur del área en forma de 2 lajas a través de las cuales drena el río Parguaza.

Meteorizados in situ como material residual y conformando territorialmente el 40 % se cartografiaron fragmentos de cuarzo pegmatíticos que conforman los coluviones. Se ubican hacia los extremos y hacia la parte central

finalmente, más distantes de la fuente de origen y transportados por quebradas y por el propio río Parguaza, tenemos los aluviones que cubren el 45 %. Esta ampliamente distribuida en el territorio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través de la discusión de los resultados obtenidos se posulan las siguientes soluciones a los problemas planteados:

Conclusiones

1. De acuerdo a la interpretación de la imagen satelital a escala 1:100.000, y el mapa topográfico, complementado con la imagen NB-19-8, a escala 1:250.000 se identificaron en el Sector El Mango, 3 litologías, las cuales se diferenciaron por su distancia de la fuente generadora. Estos son: aluviones formados por sedimentos transportados por el río Parguaza y quebradas afluentes, los coluviones, que tienen poco transporte y los eluviones que es la roca desmenuada “in situ”.

2. Las unidades geomorfológicas interpretadas y cartografiadas en la zona de estudio, corresponden a 2 paisajes contrastantes, los cuales son el paisaje de Lomeríos bajos y el paisaje de llanuras aluviales. El paisaje de lomeríos bajos se interpretó en la parte SW y hacia el N. Se caracteriza por lomas con bastante desnivel topográfico y drenaje denso, cuyas cotas no sobrepasan los 72 msnm. Presentan drenaje dendrítico y en las partes con predominio de fracturas, drenajes rectilíneos. Su pendiente oscila entre 30 % a 60 %.

3. El paisaje de Llanuras Aluviales se ubica mayormente hacia el centro, este y oeste dividido por el Río Parguaza. Se caracteriza por llanuras aluviales con abundante red de drenaje. En esta unidad se hallan las menores altitudes oscilando entre 44 msnm y 62 msnm. En esta llanura aluvial se depositan sedimentos residuales y zonas inundables del Río Parguaza.

4. Debido a la forma de bisagra de la zona, se presentan 2 patrones de drenajes. El primer patrón es de drenaje dendrítico en la margen derecha del río Parguaza, de segundo orden, de tramos largos intermitente, debido a la escasez de afloramientos. El segundo patrón es de la margen izquierda, el cual es dendrítico de trazos cortos, menos denso, debido a la presencia de afloramientos al sur de esta margen.

5. Los resultados obtenidos de los muestreos geoquímicos sistemáticos, servirán como base para avanzar en el conocimiento geoquímico del territorio y aportan información para definir y delimitar zonas anómalas y regiones de dominio o concentración de elementos de interés para exploración de recursos minerales.

6. En el mapa geológico se cartografiaron 3 unidades que se diferencian por su altura topográfica, vegetación, drenaje, geomorfología y la lejanía de su fuente. Estas son los Eluviones o partes del granito de Parguaza meteorizado “in situ”, los coluviones que han sufrido poco transporte desde su fuente y los aluviones formados por sedimentos transportados por el río Parguaza y quebradas afluentes.

Recomendaciones

Se recomienda extraer 5 kg de sedimento por cada punto de muestreo de la llanura de inundación del río Parguaza, después de retirada la capa vegetal (generalmente 25 cm a partir de la superficie), hasta llegar al basamento.

Las muestras de rocas, se recomienda enviarlas al laboratorio de Geología y Difracción de rayos X de la UCV, para los análisis porcentajes determinados por la cantidad de crisales visibles en la muestra, con el equipo de microscopía polarizante petrográfica Leica DMLP.

Las muestras de CP, una vez secada y cuareada se recomienda enviarlas al laboraorio de Difraccion de rayos X Geoquimica de la UCV, para la caracterización mineralógica de muesras por el método RIR normalizado.

Con los resultados en la mano, se deben determinar los valores de fondo y umbral para cada elemento en cada muestra estadisticamente. Para establecer las anomalías se debe tomar la mediana como fondo y la mediana mas 2 veces la desviación estándar como umbral (Hawkes, P. 1962).

De existir anomalías, se deben excavar trincheras sobre las anomalías hasta el basamento y hacer el muestreo de la misma. De persistir los valores anómalos se debe perforar la anomalía.

REFERENCIAS

Álvarez, O. y Gutiérrez, G. (2008) **REVISIÓN GEOLÓGICA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ENTRE LA SIERRA DE LOS MOTILONES Y JUAN MANUEL DE AGUAS CLARAS, ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ.** Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas, Venezuela; Trabajo Especial de Grado.

Arias, F. (2006) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.** McGraw-Hill Interamericana, S.A. 3era. Edición. P 351.

Baamonde, J. (2006) **PETROLOGÍA- AMBIENTE SEDIMENTARIO.** PDVSA, INTEVEP. Caracas, Venezuela.

Colina, A. y Reyes, K. (2009) **REVISIÓN E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE UNA ZONA UBICADA AL NOROESTE DEL ESTADO AMAZONAS (PUEBLO AGUA LINDA) MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS.** Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas, Venezuela; Trabajo Especial de Grado.

C.V.G. Técnica Minera C.A. (C.V.G. TECMIN). (1991) **INFORME DE AVANCE NB 20-1.** Gerencia de Proyectos Especiales, pp 145-156.

Chuvieco, E. (1990) **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL.** Rialp, S.A. 1ra edición. pp 451.

García, Y. (2014) **CONCEPTO DEFINICIÓN.** 04 de Agosto de 2023, [<http://conceptodefinicion.de/topografía>].

González, A. y Millán, Y. (2009) **REVISIÓN E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE UNA ZONA AL ESTE DE PUERTO AYACUCHO – ESTADO AMAZONAS MEDIANTE DE TÉCNICAS DE SENSORES REMOTOS.** Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas, Venezuela; Trabajo Especial de Grado.

Foucault, A. y Raoult, J. (1985) **DICCIONARIO DE GEOLOGÍA.** Edit. Masson, S.A. P 315.

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

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

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

Pascuali, J.; López, E.; y Meinhard, H. (1972) **METEORIZACIÓN DE ROCAS DEL ESCUDO DE GUAYANA EN AMBIENTE TROPICAL**. IV Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV. Ministerio de Energía e Hidrocarburos. pp 2245-2270.

Strahler, A. y Strahler, H. (1989) **GEOGRAFÍA FÍSICA**. Ediciones Omega S.A. 3ra Edición. pp 562-621.

Tarbuck, E. y Lutgers, F. 2005 **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid, España. 8va Edición. pp 237-241.

Vazques, L. (2011) **MAPA GEOGRAFICO DEL ESTADO BOLIVAR.**, 02 de Junio del 2023. [researchgate.net].

Velázquez, V. (2012) **GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE.**, 04 de Agosto del 2023, [geogafiaymedioambiente.blogspot.com].

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-1/6:

TÍTULO	Propuesta para una prospección geoquímica de Casiterita y Coltan, en un tramo del río Parguaza, sector los Mangos, municipio Cedeño del estado Bolívar
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO ORCID / E MAIL
Caña Estanga Ambar Emilia	ORCID: E MAIL: ambarca13@gmail.com
Franco Paéz Fabiangely María	ORCID: E MAIL:fabiangelyf@gmail.com

Palabras o frases claves:

Pegmatitas complejas
Casiterita y Coltan
Imágenes satelitales
Drenajes
Muestreo geoquímico

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-2/6

Área	Subárea
Departamento de Geología	Geología
Departamento de Ingeniería Geológica	Ingeniería Geológica

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo de grado tiene como objetivo general proponer una prospección geoquímica de materiales estratégicos (Casiterita y Coltán) en un tramo específico del Río Parguaza, ubicado en el Sector Los Mangos del Municipio Cedeño, Estado Bolívar. La metodología empleada consistió de 4 fases. En la primera fase se realizó una revisión exhaustiva de la literatura especializada en el uso de imágenes satelitales para la prospección de minerales, centrándose en la Casiterita y el Coltán. En la segunda fase se hizo una interpretación de las imágenes satelitales para identificar características de drenaje, geológicas y geomorfológicas que puedan indicar la presencia de trampas naturales para estos minerales en el entorno del Río Parguaza. A través de la interpretación de mapas geológicos y topográficos, se identificaron zonas potencialmente favorables para la presencia de Casiterita y Coltán. Estas zonas fueron corroboradas con los datos obtenidos de las imágenes satelitales, lo que permitió delimitar áreas específicas de interés para la prospección geoquímica. La tercera fase se basó en los resultados obtenidos de la interpretación de imágenes satelitales y mapas. Finalmente se propone un plan de muestreo geoquímico estratégico para la recolección de muestras en las áreas identificadas como prometedoras, mediante un mallado de 20 picas orientadas NS, de 500 m de largo, separadas cada 100 m. Se aspira tomar muestras de CP separada cada 50 m, lo que significan 42 muestras de CP. De igual forma, se propone un seguimiento y muestreo de quebradas, con toma de CP en sitios de acumulación de material e Igualmente se tomaran muestras de rocas en los afloramientos encerrados dentro del área de estudio. Este muestreo pedogeoquímico permitirá tener una densidad de muestreo de en el área de 2 muestras/Km². Se recomienda analizar las muestras de rocas mediantte el método de Difraccion de rayos X y de microscopia polarizante petrográfica para determinar los porcentajes de crisales visibles en la muestra. Para las mustras de CP, una vez secada y cuareada se recomienda enviarlas al laboraorio de Difraccion de rayos X, para la caracterización mineralógica de muesras por el método RIR normalizado.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-3/6

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO ORCID / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU_x	JU
Enrique Luis Acosta	ORCID:				
	E_MAIL	acosta.enrique176@gmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Francisco monterverde	ROL	CA	AS	TU	JU_x
	ORCID:				
	E_MAIL	monterverdefr@gmail.com			
	E_MAIL				
Edixon Salazar	ROL	CA	AS	TU	JU_x
	ORCID:				
	E_MAIL	@gmail.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2024	11	12

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NBOTTG_JGRO2024	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL:, Prospeccion rio Parguaza. Pijiguao. Estado Bolívar, Venezuela

TEMPORAL: un (1) año.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Geólogo e ingeniero geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Geología
Departamento de Ingeniería Geológica

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-5/6

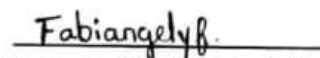
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO-6/6

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)
"Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario para su autorización "



Br. Caña Estanga Ambar Emilia
AUTORA



Br. Franco Páez Fabiangely María
AUTORA



Enrique Luis Acosta
TUTOR