

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



**MORFOLOGÍA ACTUAL DEL CERRO BOLÍVAR DEBIDO A LA
EXPLOTACIÓN MINERA DEL PERIODO 1960 HASTA 2012,
UBICADO EN EL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA-
ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR EL TSU
LUIS JIMÉNEZ Y LA
BACHILLER MARÍA
RODRÍGUEZ PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE DE 2013



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

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **“MORFOLOGÍA ACTUAL DEL CERRO BOLÍVAR DEBIDO A LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL PERIODO 1960 HASTA 2012, UBICADO EN EL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA-ESTADO BOLÍVAR”** presentado por el T.S.U: **LUIS C. JIMENEZ S**, cédula de identidad N^a: 17.182.216 y la bachiller: **MARIA J. RODRIGUEZ B**, cédula de identidad N^a: 19.872.629; ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Profesora iris Marcano	
_____ (Asesor)	_____
Profesor Jacques edlibi	
_____ (Jurado)	_____
Profesor Jesús Santiago	
_____ (Jurado)	_____
_____ Prof.: Rosario Rivadulla	_____ Prof.: Francisco Monteverde
Jefe de Departamento de Geología	Director de Escuela
Ciudad Bolívar 10 de diciembre de 2013	

DEDICATORIA

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr una meta más en esta existencia llamada vida.

A las memorias de mi madre Lucia y mi abuela Ysabel por ser el sol que me ilumina cada día.

Luis Jiménez

A DIOS primeramente que me guía todos los días de mi vida y a mi madre que siempre fue mi pilar fundamental

A la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, específicamente a la Escuela de Ciencias de la Tierra, que a través de su organización docente y técnica me proporcionó los conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.

Al resto de mi familia que de una u otra manera me ayudaron en la trayectoria para alcanzar esta meta, a todos gracias.

María Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra por darme formación universitaria.

A la profesora y tutor Iris Marcano por su paciencia y apoyo en la realización de este trabajo.

Luis Jimenez

Primeramente le doy gracias Dios por haber logrado esta meta en mi vida, y luego a mi madre Eunise Bolívar que es la que ha luchado desde que nací con mucho esfuerzo para que fuera una profesional, ya que con estudio y lucha se logran muchas metas y a mis tías Gisela Bolívar, Haydee Bolívar, María Bolívar y Yenis Bolívar.

“Con sabiduría se hace más sabio el sabio y se adquiere más inteligencia” Anónimo

María Rodríguez

RESUMEN

Es irrefutable la importancia económica, política y social que tuvo a mediados del siglo pasado el inicio de la explotación de mineral de hierro en el Cerro Bolívar y sus adyacencias para el desarrollo de esta región del oriente del país. El nacimiento y construcción de ciudades planificadas e integrales como Puerto Ordaz, de vías de comunicación (carreteras), vías férreas, puertos y aeropuertos son entre muchos, ejemplos de este hecho. El presente trabajo estudia la Morfología actual del Cerro Bolívar debido a la explotación minera del periodo 1960 hasta 2012, ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura-estado Bolívar. La metodología utilizada se dividió en 6 etapas que van desde la recopilación de la información hasta la elaboración del reporte final. En el proyecto se analizan los procesos que dieron origen a la zona de estudio así como también la descripción de la topografía actual comparando esta con la antigua, se relacionan la producción de mineral de hierro con la topografía y morfología actual del Cerro Bolívar y se identifican los procesos Geomorfológicos en el mismo. La topografía principalmente se analiza mediante cortes de topográficos de mapas de los años 1960, 1973 y 2012, mientras que la interpretación Geomorfológica se logró mediante el análisis de imágenes satelitales SPOT 5 (Multiespectrales y pancromáticas), utilizando el Sistema de información geográfico ArcGIS, lográndose diferenciar relieves, geoformas, rasgos físicos importantes y movimientos en masa (fluído de detritos, caídas de roca y áreas de desalojo).

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación	5
1.5 Limitaciones	6
CAPÍTULO II.....	7
GENERALIDADES	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.2 Accesibilidad	8
2.3 Características físico naturales	9
2.3.1 Topografía	9
2.3.2 Clima	9
2.3.3 Hidrología.....	9
2.3.4 Suelos	10

2.3.5	Vegetación.....	11
2.3.6	Fauna	11
2.4	Geología regional	12
2.5	Geología local.....	14
CAPÍTULO III		16
MARCO TEÓRICO		16
3.1	Antecedentes de la investigación.....	16
3.2	Bases teóricas	17
3.2.1	Geomorfología	17
3.2.2	Procesos exógenos o superficiales	18
3.2.3	Topográfico	20
3.2.4	Perfil Topográfico: Definición y utilidad.....	22
3.2.5	Minería	23
3.2.6	Hierro	24
CAPÍTULO IV		25
METODOLOGÍA DEL TRABAJO		25
4.1	Población de la investigación	25
4.2	Muestra de la investigación	25
4.3	Nivel de la investigación	26
4.4	Diseño de la investigación.....	26
4.5	Flujograma de la metodología	27
4.5.1	Ubicación y selección del área de estudio	28
4.5.2	Recopilación bibliográfica y cartográfica	28
4.5.3	Fase I	29
4.5.4	Fase II	36
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
CAPÍTULO V		39
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		39
5.1	Descripción topográfica del Cerro Bolívar.....	39

5.1.1	Evolución del afloramiento ferrífero Cerro Bolívar	39
5.1.2	Revisión de imágenes modernas del satélite SPOT 2012	40
5.1.3	Imagen en 3D del Cerro Bolívar en la actualidad	43
5.2	Procesos geológicos-estructurales y geoquímicos que dieron origen a la formación del Cerro Bolívar	44
5.3	Relación de la producción de mineral de Hierro del Cerro Bolívar con los cambios morfológicos desde 1960 hasta 2012	47
5.4	Identificación de procesos Geomorfológicos en la zona de estudio	52
5.4.1	Análisis de las Laderas	52
5.4.2	Identificación de movimientos en masa	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES		58
REFERENCIAS		60
ANEXOS		63

LISTA DE FIGURAS

2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio. Google Earth (2013).	7
2.2 Ubicación relativa de los yacimientos Ferríferos en el Distrito Piar (C.V.G.Ferrominera Orinoco C.A. 2009).	8
2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Mendoza, V.2000). Petrologicamente la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico.....	12
2.4 Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar (Ascanio, citado por Mendoza, V. 2000).	13
4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.	27
4.2 Ubicación del área de estudio “Cerro Bolívar” (Google Earth (2013).	28
4.3 Secuencia de eventos Litotectonicos de Escudo de Guayana “Modificado de Sidder y Mendoza, 1995” (Mendoza, G. 2005).	30
4.4 Evolución geomecanica de la Provincia de Imataca (1era etapa) por compresión entre placas oceánicas con cambio de subducción a la izquierda y (2da etapa) sucesiva sobreposicion o aglutinación de los arcos o micro continentes formando parte del supercontinente Guayanensis o Valvaara o Kenoreano (Mendoza, V. 2005).	31
4.5 Modelo de ambientes tectónicos de tipos depósitos de BIF (Mendoza. 2005).....	35
5.1 Mapa Geologico del Cerro Bolivar 1961. Cartografía nacional.	39
5.2 Imagen Cerro Bolívar. Google earth 2013.	40
5.3 Sección longitudinal Cerro Bolívar. Imagen satelital SPOT 2012.	41
5.4 perfil topográfico Cerro bolívar de sección longitudinal.	41
5.5 Seccion transversal Cerro Bolivar.imagen satelital SPOT 2012.	42
5.6 Perfil topográfico Cerro Bolívar de sección transversal.	42
5.7 imagen de satélite SPOT 2012. Vista en 3D.	43

5.8 Columna litológica y esquema de enriquecimiento supergénico de los yacimientos (C.V.G Ferrominera Orinoco, C.A Jefatura Área Geología 2009).....	46
5.9 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1954 y 1960.	48
5.10 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1961 y 1973.	49
5.11 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1974 y 2012.	50
5.12 Circulo Azimutal (Octante del 1 al 8).	53
5.13 Colores asignados al Octante del 1 al 8.	53
5.14 Imagen Satelital (Multiespectral) de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.	54
5.15 Imagen Satelital Pancromática 1 de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.	55
5.16 Imagen Satelital Pancromática 2 de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.	56

LISTA DE ANEXOS

- 1/7 Mapa Topografico del Cerro Bolivar, año 1960 ...**¡Error! Marcador no definido.**
- 2/7 Mapa Topográfico del Cerro Bolívar, año 1973 ...**¡Error! Marcador no definido.**
- 3/7 Mapa Topográfico del Cerro Bolívar, año 2012 ...**¡Error! Marcador no definido.**
- 4/7 Comparación de Perfiles años 1960,1973 y 2012. **¡Error! Marcador no definido.**
- 5/7 Mapa Geomorfológico del Cerro Bolívar año 1991. **¡Error! Marcador no definido.**
- 6/7 Mapa de orientacion de laderas Cerro Bolivar.....**¡Error! Marcador no definido.**
- 7/7 Mapa de procesos geomorfológicos Cerro Bolívar**¡Error! Marcador no definido.**

INTRODUCCIÓN

El consorcio norteamericano United State Steel Corporation contrata en el año 1945 al experimentado geólogo Mack Clayton Lake, a quien asigna la responsabilidad de explorar diversos sectores de Venezuela; Luego de realizar y analizar fotografías aéreas y datos magnetométricos, una cuadrilla liderizada por Mack Clayton Lake , inician l3 de Abril de 1947 el ascenso a la cúspide del Cerro La Parida ,en el sector Oeste donde localizan el mayor reservorio ferrífero a cielo abierto descubierto hasta el momento.

Este descubrimiento fue clave para impulsar, de manera decisiva, el progreso de Guayana y el resto del país. En 1948 es bautizado con el nombre de “El Cerro Bolívar”, para honrar al Genio de América, Simón Bolívar.

Mediante los avances exploratorios establecen que El Cerro La Parida aseguraba la producción de 100 Millones de toneladas métricas por año, con vida útil de cincuenta, por lo tanto deciden continuar en sus labores, porque habían logrado el objetivo de localizar un yacimiento ferrífero altamente productivo y a cielo abierto.

Pero El Cerro Bolívar no solamente incentiva la producción ferrífera, sino que Puerto Ordaz (predios del Fundo El Castillito) se transforma en la primera ciudad planificada e integrada del mundo, con un crecimiento inusitado en un periodo de veinte años, por lo que los sectores de Matanza y Unare se convierten en años más tarde en el mayor parque industrial de Venezuela.

El desarrollo se expande hacia Upata, la que igual que Ciudad Bolívar, se convierte en ciudad dormitorio, aprovechándose además las potencialidades forestales, ganaderas, agrícolas y mineras existentes.

Guasipati, El Callao, Tumeremo, Gran Sabana, Sur de los Estados Monagas y Anzoátegui y Delta Amacuro, también se favorecen con el desarrollo gestado desde El Cerro Bolívar, tomando en consideración que la empresa CVG FERROMINERA ORINOCO C.A., sustituta de la Orinoco Mining Company, se constituye en matriz de otras factorías de diversas razones sociales.

En otras palabras El Cerro Bolívar a sido factor fundamental para el desarrollo de Guayana y gran parte del oriente del país, por largos años se ha explotado su riqueza mineral y obviamente su relieve y/o morfología han cambiado por la acción de la minería.

Lo que persigue el presente trabajo es mostrar los cambios morfológicos del Cerro Bolívar a causas de la explotación minera que en él se ha desarrollado. Con este trabajo se espera sentar bases sólidas a futuras investigaciones que se puedan realizar en la zona y contribuir con el desarrollo científico de esta región importante del país.

La presente investigación está diseñada de la siguiente forma: Capítulo I: en éste se destaca la situación a investigar y los objetivos que permitieron llevar a cabo la investigación; Capítulo II, donde se describen las generalidades y características físico-naturales del área de estudio, además de darse un bosquejo general de la geología reinante en la zona; Capítulo III, donde se estudia un compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la investigación ya realizada;

Capítulo IV, en el cual se detalla el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo la metodología, Capítulo V, donde se muestran el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la investigación, y por último conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

En el Museo Geológico y Minero José Baptista Gomes se encuentra una maqueta del Cerro Bolívar realizada por la ilustre Profesora Arq. Blanca Aurora Pravia en el año 1943, en el que se puede apreciar de manera visual a escala relativa el imponente Cerro Bolívar en los inicios de su era productiva; resulta de interés académico e institucional para el Museo Geológico Minero tener referencias actualizadas de las características Morfológicas en las que se encuentra el Cerro Bolívar.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Morfología actual del Cerro Bolívar debido a la explotación minera del periodo 1960 hasta 2012, ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura-Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir la topografía del área de objeto de estudio en la actualidad.

2. Analizar los procesos geológicos-estructurales y geoquímicos que dieron origen a la formación del Cerro Bolívar.
3. Relacionar la producción de mineral de Hierro del Cerro Bolívar con su evolución morfológica desde 1960 hasta 2012.
4. Identificar mediante una imagen satelital los procesos Geomorfológicos ocurridos en la zona de estudio.

1.3 Justificación de la investigación

La investigación tiene como finalidad proveer a la comunidad estudiantil de la UDO-Bolívar y visitantes en general Museo Geológico Minero José Baptista Gomes de información actualizada sobre la Topografía y Morfología del Cerro Bolívar, ya que en el año 2012 se han celebrado 50 años de la Escuela de Ciencias De la Tierra; con tal motivo y desde hace varios semestres se han venido realizando trabajos de restauración y acondicionamiento del Museo Geológico Minero José Baptista Gomes, en el cual se encuentra una Maqueta de gran dimensión del Cerro Bolívar (algo deteriorada) en momentos iniciales a su explotación, igualmente se encuentran algunas fotos enmarcadas en las que se aprecian las formas del mismo; no existen un patrón de referencia actual del Cerro.

1.4 Alcance de la investigación

El alcance de este trabajo de grado es lograr un mayor conocimiento acerca de los cambios topográficos y morfológicos que ha sufrido El Cerro Bolívar desde los

inicios de su explotación minera hasta nuestros días; atreves de información estadística suministrada por organismos oficiales como CVG FERRROMINERA, ORINOCO C.A, datos e imágenes de campo, análisis comparativos del área de estudio, entre otros; Permitiendo así que este conocimiento sea aplicable al estudiantado y público en general.

1.5 Limitaciones

El acceso y tiempo de estadía en el área de estudio es restringido o limitado por CVG FERROMINERA, por lo que se requirió de los debidos permisos y ayuda del personal que allí labora, ya que ellos conocen y manejan todos los análisis de riesgos en su área de trabajo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

Se encuentra ubicada en el estado Bolívar, cerca de la población de Ciudad Piar (Municipio Angostura), a unos 77 km al sur de Ciudad Bolívar, capital del mismo estado. Forma una colina alargada de once (11) Kilómetros por tres (3) de ancho. Está ubicada a setecientos noventa (790) metros sobre el nivel del mar y a quinientos cincuenta (550) metros sobre las sabanas circunvecinas (Figura 2.1) (C.V.G Ferrominera Orinoco C.A. 2009).

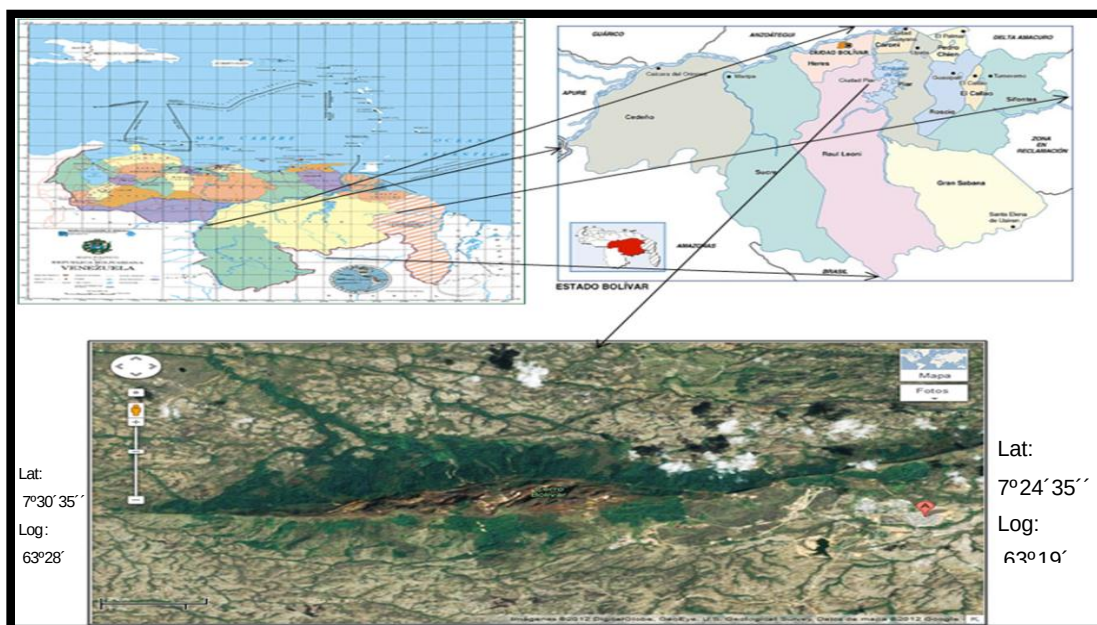


Figura 2.1 Ubicación relativa de la zona de estudio. Google Earth (2013).

2.2 Accesibilidad

Las zonas del cuadrilátero Ferrífero en el que se encuentra Cerro Bolívar está interconectado al sistema nacional de vialidad mediante carreteras asfaltadas que parten desde Ciudad Bolívar (115 km) y Puerto Ordaz (140 km), ambas en condiciones transitables. También se cuenta con una línea férrea de 136 km de longitud que se extiende desde Cerro Bolívar hasta Puerto Ordaz (Figura 2.2) (C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. 2009).

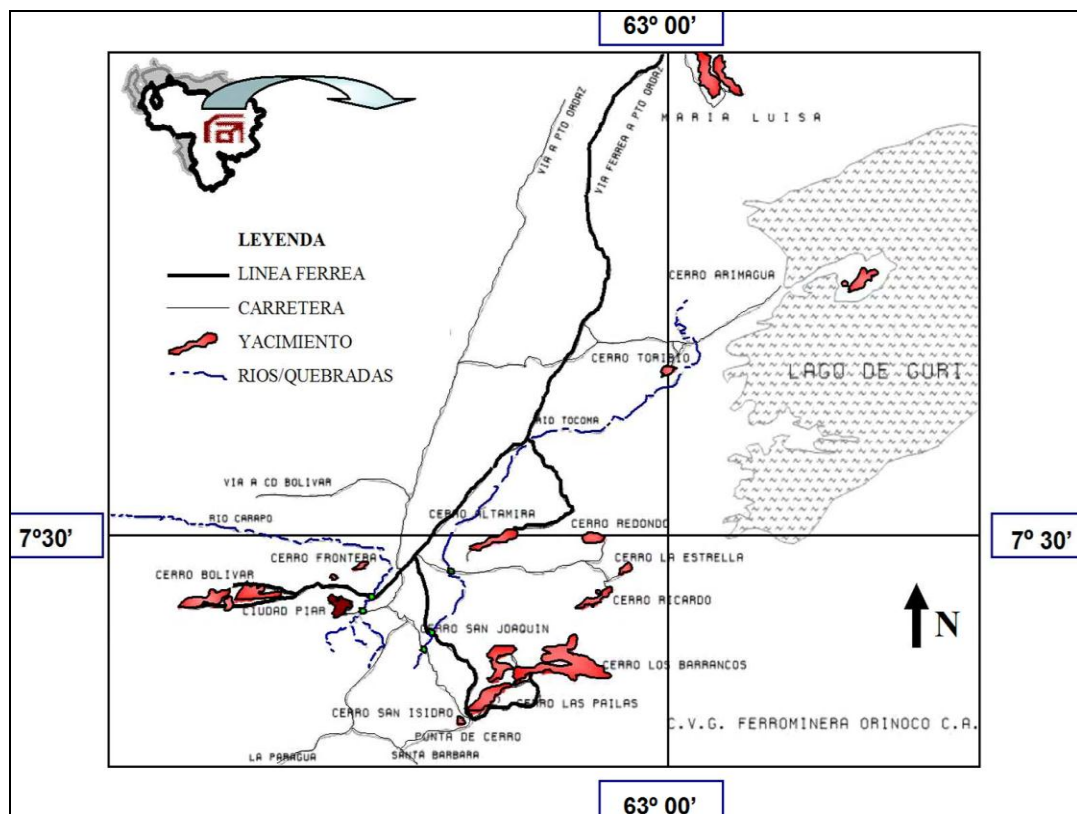


Figura 2.2 Ubicación relativa de los yacimientos Ferríferos en el Distrito Piar (C.V.G.Ferrominera Orinoco C.A. 2009).

2.3 Características físico naturales

2.3.1 Topografía

Cerro Bolívar es una colina de 12 Km de largo por 3 km de ancho donde afloran yacimientos residuales de mineral de hierro de grano fino. La estructura principal en Cerro Bolívar es un anticlinal flanqueado por dos sinclinales. Sobre los flancos del anticlinal descansan bandas de gneis y anfibolitas meteorizadas, sobre los cuales yacen los sinclinales. Los cuerpos de mena residual se desarrollaron principalmente sobre los fondos de los sinclinales (PDVSA-INTEVEP. 1997).

2.3.2 Clima

El clima es tropical seco, con una temperatura media de 26,7° C (tomada en Ciudad Piar, fluctuando entre un máximo de 33,3° C y un mínimo de 18,2° C). Las precipitaciones son medias, las lluvias torrenciales ocurren durante los meses de mayo a octubre, presentándose una mayor precipitación entre los meses de junio a agosto; siendo muy escasas entre los meses de febrero y abril (C.V.G-Tecmin. 1987).

2.3.3 Hidrología

La red hidrográfica de la región pertenece a la cuenca del Caroní, siendo los cursos de agua en su mayoría intermitentes y torrenciales, aunque las quebradas Tocoma, San Isidro y Purgatorio son permanentes o casi permanentes. Por otro lado las cabeceras de las fuentes de agua de la región se encuentran infrayacente a la

formación de mineral de hierro a nivel del contacto entre la roca mineralizada y los Gneis, Esquistos, Lateritas, entre otras; tomando un rumbo de acuerdo a la foliación.

El drenaje de las aguas ésta controlado por las zonas de debilidad de los corrimientos que sirven de contactos a las diferentes fajas de rocas. Las vertientes en las mayorías de los casos poseen dirección de N-S a N20°W (C.V.G-Tecmin. 1987).

2.3.4 Suelos

Se caracterizan por presentar suelos Kanhaplohumults esqueléticos y Usthorthens muy esqueléticos con inclusiones de Kandihumults y Haplustults. Los suelos Kanhaplahumults esqueléticos son suelos superficiales a poco profundos, presentan un horizonte A de textura arcillosa a franco arcillo arenosa; se caracterizan por tener baja retención de humedad y una permeabilidad moderadamente rápida, son poco fértiles por sus bajos niveles de nutrientes y por poseer un PH de extremada a moderadamente ácido.

Los suelos Usthorthents muy esqueléticos se asocian a una alta jocosidad, se caracterizan por ser de orden residual, con escasa evidencia de desarrollo pedogenético, derivados a partir de rocas metamórficas como cuarcitas ferruginosa y anfibolitas; son suelos muy superficiales, con un horizonte A delgado, de textura comúnmente franco arcillosa; su retención de humedad es muy baja y su permeabilidad es rápida (C.V.G-Tecmin. 1987).

La retención de humedad del suelo se ha estimado como baja y la permeabilidad moderada rápida; la clase de drenaje algo excesivamente drenada. Poseen una moderada fertilidad natural en superficie y baja a muy baja en

profundidad; la cual está asociada a valores bajos y muy bajos de nutrientes, en profundidad; poseen PH extremadamente ácido a moderadamente ácido; la capacidad de intercambio catiónico es moderada en superficie y baja en profundidad, la saturación con bases es moderada en los horizontes superficiales y baja en profundidad, debido a la fuerte y moderada lixiviación a que son sometidos (C.V.G-Tecmin. 1987).

2.3.5 Vegetación

Ha sido clasificada como bosque tropófito macrotérmico y bosque pluvial. Las regiones montañosas están cubiertas de espesas vegetaciones relativamente bajas en las colinas, y alta en los valles. Sobre los suelos de la región se desarrolla una flora específica denominada Copey (*Clusia Lakeii*), la cual indica la presencia de menas ferríferas. Los suelos lateríticos están cubiertos de hierba sabanera o de vegetación alta tipo tropical, que contrastan claramente con la vegetación sobre la mena y marcan los contactos del yacimiento (C.V.G-Tecmin. 1987).

2.3.6 Fauna

Los únicos animales peligrosos de la zona son algunos tipos de serpientes venenosas. La fauna en sí se caracteriza por varias clases de monos, venados, cachicamos, picures, conejos, pavos, morrocayos, tigres, entre otros (C.V.G-Tecmin. 1987).

2.4 Geología regional

Las rocas que componen el Complejo de Imataca afloran en la parte Norte del estado Bolívar, al Este del río Caura y paralelamente al río Orinoco hasta penetrar en el estado Delta Amacuro, formando un cinturón Norte-Sur de 510 km de longitud, representado hasta el presente, las rocas más antiguas (3500-3600 millones de años) conocidas en la parte Nor-Oriental del Escudo Guayanés (Figura 2.3).

La Provincia de Imataca se extiende en dirección SW- NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco en dirección NW-SE, aflora desde el curso del río Orinoco hasta la falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente. Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises máficos y félsicos interestratificados con capas de cuarcitas ferruginosas, granulitas, esquistos anfibólicos, anfibolitas, mármoles dolomíticos y areniscas acuíferas; también se encuentran intrusiones de rocas graníticas y básicas, diques y sills de diabasa y pegmatita, así como vetas de aplita y cuarzo (Kalliokoski, J. 1965).

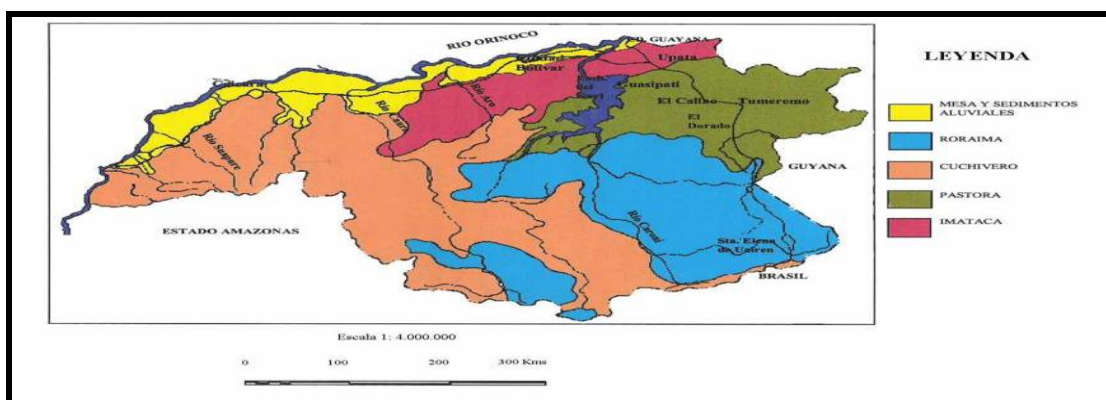


Figura 2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Mendoza, V.2005).

Petrologicamente la Provincia de Imataca pertenece al denominado cinturón granulítico.

En el Complejo de Imataca los suelos provienen de la meteorización química de la roca del complejo ígneo-metamórfico. Se les denomina suelos residuales y están formados principalmente por arcillas. En general, el estilo estructural de la Provincia de Imataca, estuvo regido por dos factores pliegues de flujo sintectónicos y fallas transcurrentes tardía a post- tectónicas.

El Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos, estas se denominaron como: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, citado por Mendoza, V. 2000) (Figura 2.4).

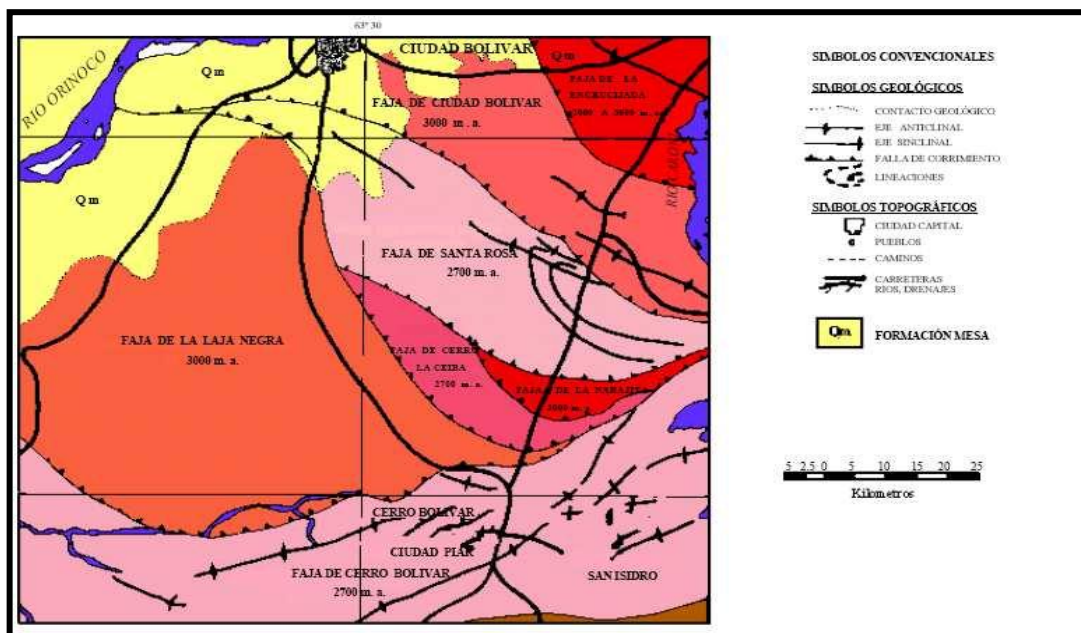


Figura 2.4 Complejo de Imataca en los alrededores del Cerro Bolívar (Ascanio, citado por Mendoza, V. 2005).

El Granito de La Encrucijada tiene su localización tipo al oeste del río Caroní y Sudoeste de la carretera a Ciudad Piar. Considera que podría representar una unidad separada, entre las rocas del Complejo de Imataca, aunque el contacto exterior del granito de La Encrucijada, no se puede localizar con precisión. Los cuerpos granodioríticos se encuentran intrusionando a los gneises y las cuarcitas ferruginosas del Complejo de Imataca y a la migmatita de La Ceiba y en contacto discordante con los sedimentos de la Formación Mesa que la subyace (Kalliokoski, J. 1965).

2.5 Geología local

La faja de Cerro Bolívar reposa debajo de las rocas que se encuentran al sur de la falla Santa Bárbara y esta sobre corrida sobre las fajas de La Naranjita, Cerro La Ceiba y Laja Negra, la mayor parte de esta faja reposa sobre la faja de Laja Negra (Figura 2.4).

La faja de Cerro Bolívar aflora desde la falla de Santa Bárbara hasta la falla de del río Carapo. Está constituida por Gneis cuarzo feldespáticos grises y rosados con formaciones de hierro de poco espesor en la parte inferior de la sección, las cuales afloran en los núcleos de los anticlinales; en la parte superior de la sección se encuentran alojadas en forma de sinclinales formaciones de hierro de grano fino que tienen hasta 200 m de espesor. A partir de estas formaciones por procesos de laterización se originaron los yacimientos de Arimagua, San Isidro, Altamira, Cerro Bolívar, El Trueno y los yacimientos intermedios. La estructura de esta faja tiene rumbo general N60°E pero al llegar a Cerro Bolívar toman rumbo Este-Oeste.

Los afloramientos de Gneis frescos en la faja de Cerro Bolívar son muy pobres ya que las formaciones y yacimientos de hierro ocupan la parte más elevadas de las

colinas, protegiendo contra la erosión a grandes espesores de roca meteorizada. A esto se suma que entre los Gneis cuarzo feldespáticos hay Gneis diorítico blanco resistente a la meteorización. Los fragmentos de este Gneis diorítico y los de las formaciones de hierro se encuentran como una grava de peñas y peñones formando una coraza protectora sobre las faldas de las colinas y produciendo formas topográficas alargadas (Ascanio, G, 1975).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Para la elaboración de esta investigación se revisaron algunos trabajos de grados y publicaciones realizados con anterioridad, con la finalidad de ampliar la información obtenidas en otras fuentes bibliográficas, de los cuales se mencionan a continuación:

Ruckmick, J. C.; Luchsinger, S. E. (1960); Geología del Cerro Bolívar. Boletín de Geología Publicación Especial, 3 (3), Caracas, Venezuela, pp 972-984. El cual es una de nuestras principales fuentes ya que nos aporta entre otras cosas un corte geológico del Cerro Bolívar (R 45° O), en el que se aprecia una línea de superficie original y otra línea de superficie o de degradación por la explotación de mineral de hierro en el año de 1960.

Stralher, A. (1988); Minas y Rocas de Cerro Bolívar. Informe de CVG Ferrominera C.A. Esta publicación nos proporcionó valiosa información acerca de los diferentes tipos de rocas y minas que podemos encontrar en el área de estudio (Cerro Bolívar), así como de sus características petrográficas.

Martínez, J. (2008); Evaluación de la Geología de superficie en el Distrito Ferrífero Piar, Estado Bolívar. Universidad de Oriente, Estado Bolívar, pp 13-20. La .

anterior publicación nos brindó una idea amplia sobre la geología de superficie del Distrito Ferrífero al cual pertenece El Cerro Bolívar.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Geomorfología

La Geomorfología es el estudio de las formas del relieve terrestre y sus procesos de formación. El nombre deriva de tres palabras griegas, geo (tierra), morfé (forma), logos (estudio). Constituye una de las partes de la Geografía Física o Fisiografía. La superficie de la Tierra está constituida por multitud de formas diferentes que, descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente. La conjunción de estas formas en un área determinada es lo que confiere un carácter específico a los diversos paisajes que conforman el escenario de la actividad humana.

Las formas del terreno son el resultado de la interacción entre fuerzas endógenas, o procesos tectónicos de creación de volúmenes montañosos, y fuerzas exógenas, o procesos erosivos de destrucción y modelado de relieves. Las fuerzas endógenas se nutren de la energía geotérmica, mientras que las fuerzas exógenas se generan a partir de la energía solar y de la energía rotacional de la tierra.

Aparte del aspecto puramente científico y especulativo que el estudio de las formas del relieve y de los paisajes pueda tener, es también de suma importancia el papel que la corteza terrestre y su relieve ejercen en el asentamiento y actividad humana, por su carácter de obstáculo o abrigo, de tierra resistente o frágil, etc. Para el estudioso, en cambio, la contemplación del paisaje va más allá del placer estético o

del interés económico, y le lleva a preguntarse el porqué de la conformación y dinámica de un lugar determinado, el cómo, el cuándo y el dónde de la ocurrencia de los procesos que lo han generado, a discernir las leyes de su distribución espacial. La especialidad científica que se ocupa del estudio de las formas del relieve es la Geomorfología (Gutiérrez, J, A. 2004).

3.2.2 Procesos exógenos o superficiales

3.2.2.1 Erosión

La erosión puede ser definida, de forma amplia, como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua o del viento; o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento (Suárez, 1980). Esto implica la existencia de dos elementos que participan en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos.

Por otra parte, desde la perspectiva geológica y de formación del paisaje, la erosión es entendida como parte del proceso de morfogénesis a través del cual se alteran y moldean las formas terrestres. Desde este punto de vista, la configuración que hoy se tiene de la superficie de la tierra, se debe a los procesos continuos de agradación y degradación que en tiempo geológico, han moldeado la superficie. Estos procesos geomorfológicos están relacionados con factores internos (litología, estructura, tectónica, volcanismo y topografía) y externos (clima: temperatura y precipitación; organismos; y acción entrópica) (Huanca, W. 2008).

3.2.2.2 Transporte

El transporte es el traslado de los materiales erosionados desde la erosión hasta su depósito en una cuenca de sedimentación. Este transporte lo llevan a cabo los agentes geológicos externos, en especial el agua, el hielo, el viento y los seres vivos. Meteorización (García, R, J. 2011).

3.2.2.3 Meteorización

Es el proceso de descomposición y desintegración de la roca “in situ” provocada por la acción de agentes tanto físicos como químicos. Los físicos son: los estados y composición del agua, la temperatura y sus variaciones, los cambios de presión, el viento, los animales, las raíces de las plantas y la acción antrópica (García, R, J. 2011).

3.2.2.4 Meteorización física

Los procesos de meteorización física transforman la roca masiva en finas partículas debido a la acción de esfuerzos que son suficientes para fracturar la roca. Uno de los más importantes procesos de meteorización física es la acción del hielo (gelifracción), que consiste en el repetido crecimiento y fusión de los cristales de hielo en los poros o en las fracturas de la roca madre. En casi todas partes, la roca madre está dividida en bloques por sistemas de fracturas. Las rocas ígneas o cualquier otro tipo de roca, raramente están desprovistas de numerosas grietas que permiten la entrada del agua. Por supuesto, la acción del hielo está limitada a los climas alpinos de altas latitudes. Como las rocas ígneas se debilitan por la descomposición química,

el agua puede penetrar en las superficies de contacto entre los granos del mineral; aquí el agua puede helarse y ejercer enormes fuerzas que separan los granos.

Otro proceso de destrucción de las rocas es el cambio de temperatura. Los minerales que forman las rocas se dilatan con el calor, pero se contraen con el frío. Cuando la superficie de la roca se encuentra expuesta diariamente a un intenso calentamiento por los rayos directos del sol, alternando con un intenso enfriamiento por la radiación de onda larga nocturna, la consiguiente dilatación y contracción de los granos minerales tiende a separarlos (Gutiérrez, J. A. 2004).

3.2.2.5 Meteorización química

También conocida como alteración mineral, consiste en una serie de reacciones químicas; estas reacciones transforman los minerales silíceos originales de las rocas ígneas, los minerales primarios, en nuevos compuestos, los minerales secundarios, que son estables en el medio ambiente de la superficie. La meteorización química también afecta a varios tipos de rocas sedimentarias y metamórficas (Gutiérrez, J. A. 2004).

3.2.3 Topográfico

Si iniciamos un curso o una carrera de Topografía, sin duda alguna nos encontraremos con una definición del concepto, que nuestra opinión, deja en claro, lo que significa el trabajo topográfico, tratados, libros con diversos autores, académicos, describen la disciplina en forma similar:

Del Griego “topo” igual a lugar y “grafos” igual a dibujo gráfico, la Topografía se describe como “la ciencia, que con el auxilio de las matemática nos ayuda a representar gráficamente, mediante un dibujo, un terreno, o lugar determinado, con todos sus accidentes y particularidades naturales o artificiales de superficie (cerros, valles, ríos, puentes, etc).”

La representación gráfica de los accidentes y detalles del terreno debe ser fidedigna, expresiva y cuantificable porque es un Fundamentos de la Topografía. Para que esta representación sea “real”, deben conservarse formas y proporciones basadas en mediciones que determinen la posición de puntos característicos del terreno, relacionándolos con otros puntos previamente conocidos (referencia).

La utilización de signos convencionales previamente establecidos y el conocimiento básico de geometría, son la base para crear un lenguaje expresivo e interpretativo de amplia aplicación en distintos campos de la tecnología (Espinoza, J. 2009).

3.2.3.1 Levantamiento

Se denomina Levantamiento a la acción de tomar datos del terreno necesarios para confeccionar un plano, es decir podríamos tomar el Levantamiento como la esencia o fundamento de la Topografía (Espinoza, J. 2009).

3.2.3.2 Replanteo

Es la acción contraria, una vez que se confecciona un Plano, sobre esa información se ejecuta un proyecto, el que deberá ser trazado en el terreno. En otras palabras, el replanteo consiste en traspasar información del plano al terreno (Espinoza, J. 2009).

3.2.4 Perfil Topográfico: Definición y utilidad

Antes de establecer la definición de un Perfil Topográfico debemos explicar que la Topografía (Topos, lugar, grafía, descripción), tiene por objeto el levantamiento y representación gráfica de la superficie terrestre. La Topografía planimetría se ocupa de los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y confeccionar la expresión similar del mismo. La Topografía altimétrica se ocupa de la determinación de las cotas (altura de un punto) con referencia al nivel medio del mar o a otro punto del plano.

Los mapas topográficos representan las formas del relieve en sus tres dimensiones, como si viéramos el terreno visto desde arriba. El aspecto tridimensional se elabora mediante modelos geométricos. A partir de estos aspectos básicos podemos definir a un Perfil Topográfico como la representación lineal y gráfica del relieve de un terreno a partir de dos ejes, uno con la altitud y otro con la longitud, que permite establecer las diferencias altitudinales que se presentan a lo largo de un recorrido. De acuerdo con la regularidad que guarde la dirección de su recorrido, se les clasifica como longitudinales y transversales. Un perfil longitudinal es aquel en el cual se toma la misma dirección durante todo el recorrido, sin cambiar

el rumbo. Un perfil transversal es aquel en el cual se toma la misma dirección durante todo el recorrido, sin cambiar el rumbo. La línea del plano definida por los puntos que limitan el perfil se llama directriz y la línea horizontal de comparación sobre la que se construye el perfil base (Linares, K. 2010).

3.2.4.1 Utilidad

El levantamiento topográfico mide directamente sobre el terreno lo que se desea conseguir: plano de una ciudad, una carretera, un tramo de un río, un monte, etc. Y sobre el mapa o plano serán reproducidos en tamaño reducido utilizando símbolos y signos convencionales con el objeto de darnos una información clara y gráfica en una lectura fácil y rápida. Una de las aplicaciones más importantes de los perfiles o secciones verticales, es en la construcción de obras de gran longitud y poca anchura, por ejemplo caminos o carreteras, alcantarillados, oleoductos, etc. (Linares, K. 2010).

3.2.5 Minería

La minería es una industria internacional que tiene como finalidad poner a la disponibilidad de la humanidad todos aquellos materiales que necesite, esto incluye la busque de los mismos en zonas accesibles de la corteza terrestre para luego proceder a extraerlos o explotarlos. Otra definición de minería sería, la obtención selectiva de minerales y otros materiales (salvo materiales orgánicos de formación reciente) a partir de la corteza terrestre.

La minería siempre implica la extracción física de los materiales de la corteza terrestre, con frecuencia en grandes cantidades para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado. Por eso resulta imposible que la minería no afecte

al medio ambiente, al menos en la zona de la mina. De hecho, algunos consideran que la minería es una de las causas más importantes de la degradación medioambiental provocada por los seres humanos. Sin embargo, en la actualidad, un ingeniero de minas cualificado es capaz de limitar al máximo los daños y recuperar la zona una vez completada la explotación minera.

Por lo general, la minería tiene como fin el obtener minerales o combustibles. Los combustibles más importantes son los hidrocarburos sólidos, que, por lo general, no se definen como minerales. Un recurso mineral es un volumen de la corteza terrestre con una concentración anormalmente elevada de un mineral o combustible determinado. Se convierte en una reserva si dicho mineral, o su contenido (un metal, por ejemplo), se puede recuperar mediante la tecnología del momento con un coste que permita una rentabilidad razonable de la inversión en la mina. Se dice que una mina es explotable cuando la inversión para la explotación es inferior al beneficio obtenido por la comercialización del mineral (Castro, V. 2010).

3.2.6 Hierro

La palabra Hierro proviene del latín Ferre, la hematita proviene del griego haimatites, sanguíneo, en alusión a su color.

El hierro, es después del aluminio el mineral metálico más abundante en la naturaleza, aunque es raro en su forma nativa, su forma metálica no se encuentra en la naturaleza, dada la facilidad con que se oxida, este elemento sólo se encuentra en granos en los basaltos (PDVSA-INTEVEP. 1997).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Población de la investigación

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado (Wigdski, J. 2010).

Para el estudio en consideración, la población o universo estará definido o representado por un conjunto de datos estadísticos de producción de mineral de hierro en el Cerro Bolívar (volumen), así como de datos Topográficos y Geomorfológicos.

4.2 Muestra de la investigación

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. (Wigdski, J. 2010). En nuestro estudio la muestra abarca específicamente todo el Cerro Bolívar.

4.3 Nivel de la investigación

Se entiende por Investigación Documental, el estudio de los problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor (Franco, Y. 2011).

El tipo de investigación es Documental ya que tiene como propósito profundizar y ampliar el conocimiento de las características Geológicas, Geomorfológica, Ambientales y de explotación minera del Cerro Bolívar, recopilando información referencial de distintas fuentes bibliográficas e incluso verificar datos y situaciones en campo.

4.4 Diseño de la investigación

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

A fin de cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo de investigación, según el tipo de diseño, esta investigación se clasifica como una investigación

Documental, en la que se procedió a recopilar, analizar e interpretar información de trabajos de grados realizados por estudiantes egresados de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, Trabajos realizados por CVG FERROMINERA, entre otros.

4.5 Flujograma de la metodología

Para desarrollar este estudio del Cerro Bolívar, se siguió la metodología definida por el flujograma que se muestra en la Figura 4.1.

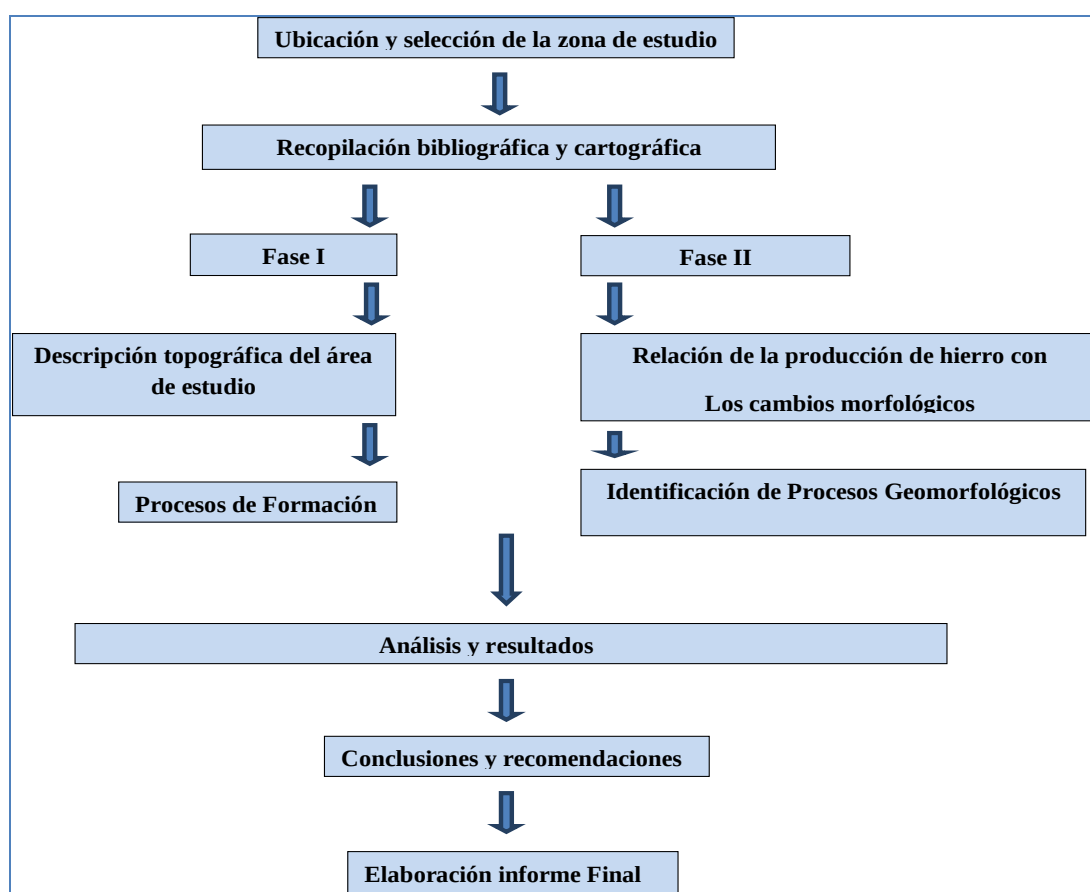


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de trabajo.

4.5.1 Ubicación y selección del área de estudio

El área de estudio, quedó comprendida entre las coordenadas: (Lat.: $7^{\circ}30'35''$ / Log: $63^{\circ}28'$) y (Lat.: $7^{\circ}24'35''$ / Log: $63^{\circ}19'$); específicamente el Cerro Bolívar. Figura 4.2

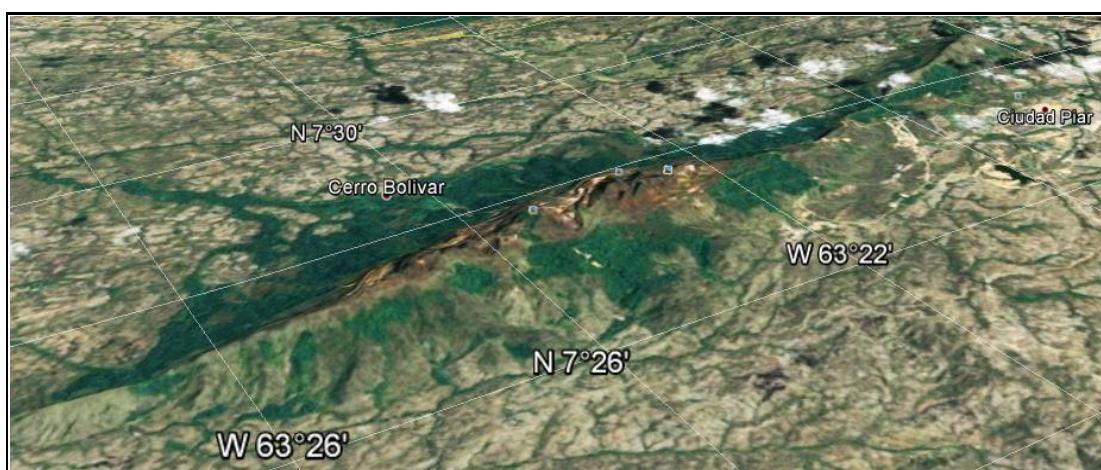


Figura 4.2 Ubicación del área de estudio “Cerro Bolívar” (Google Earth (2013)).

4.5.2 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Se realizó la solicitud formal en las oficinas de GVG FERROMINERA, en Ciudad Angostura, sobre estadísticas de producción, mapas topográficos y geológicos estructurales (1:5000) y trabajos técnicos sobre Cerro Bolívar. También se solicitó a información de trabajos técnicos en la zona de interés a CVG TECMIN, en Alta Vista, Puerto Ordaz. De igual manera en las oficinas de la ciudad de Caracas del Laboratorio de Procesamiento de Imágenes Satelitales (LPAIS) se solicitaron 2 fotografías satelitales (pancromática y multiespectral) recientes del área de estudio.

La información recabada fue fundamental, permitiendo conformar una buena base de datos necesaria para el desarrollo de este trabajo.

4.5.3 Fase I

4.5.3.1 Descripción de la topografía del área de estudio

Esta se realizó mediante la interpretación de imágenes de satélite SPOT versión 2012 y google Earth 2013 para ello se analizaron los perfiles topográficos que arrojaron dichas imágenes.

4.5.3.2 Procesos geológicos-estructurales y geoquímicos que dieron origen a la formación de Cerro Bolívar

Este análisis se realizó mediante la recopilación bibliográfica de trabajos anteriores sobre la provincia geológica de Imataca y el Cerro Bolívar

Litológicamente la Provincia Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60%-75%), anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15%-20%), y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), lomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas

máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C-850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos de 30 Km de presión de roca) , hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650°-700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 Kms de espesor de rocas). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, 1.974) como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado, registrando toda la historia evolutiva del Escudo de Guayana, Figura 4.3, como se sugiere a continuación:

SECUENCIA DE EVENTOS LITOTECTONICOS DEL ESCUDO DE GUAYANA			
EVENTOS EN EL ESCUDO DE GUAYANA			
Eventos Mundiales	Fm.	Mesa	M.A
Planación	Cenozoico: Levantamiento / Erosión / Planación		
Nuevo Océano	150-30 Ma?	Carbonatitas y kimberlitas en Escudo Sudamericano	
"Collage"	210 - 200 MA:	APERTURA OCEANO ATLANTICO	Dique Laguna magmas toleíticos.
Kimberlitas	500 - 265 MA:	SUPERCONTINENTE GONDWANA-LAURENTIA (PANGEA)	
	850 - 545 MA:	OROGENESIS BRASILLIANA - PAN AFRICANA	
	850 - 750 MA:	RIFTING SUPERCONTINENTE RODINIA-LAMPROFIROS-KIMBERLITAS GUANIAMO	
"Collage"	1200-1000 MA:	Colisión del Norte Sur America con Norte América-Europa	COLISION SUPER-CONTINEN TAL RODINIA
	1200-1100 MA:	Seudotakilitas Falla Guri	
	1200-1100 Ma:	colisión Río Negro-Juruena; Jari-Falsino (Brasil)-Miru-Garzón (Colombia)-NW de Guayana	
Granitos rapakivis	1550- 1350 MA	PARGUAZENSIS: Rifting continental. Emplazamiento Granitos Rapakivis	
Rift Continental	1800 - 1600 MA:	Asociación Avanavero = Diabasas/ Gabros Toleíticos	
	1750 - 1450 MA:	FACIES MOLASA POST -TECTONICA RORAIMA	SUPERCONTINENTE CAURA- ATLANTICA
	1800 - 1750 MA:	Sutura Caura. "Collage tectónico"	
	1860 - 1800 MA:	FACIES MOLASOIDES PRE RORAIMA (Los Caribes, etc)	
	1860 - 1730 MA:	FINAL OROGENESIS TRANSAMAZONICA	1.9-1.7 Evento Uatuná
	1860 - 1730 MA:	Rocas Graníticas sin diferenciar de Amazonas	
	1860 - 1790 MA:	Final Magmatismo Arco Magmatico Cuchivero/ Final Evento Orocaína	
	1930 - 1790 MA:	Rocas Graníticas volcano- plutónicas calco-alcalinas de Cuchivero	
	1980 - 1930 MA:	Comienzo Magmatismo Arco Cuchivero / Comienzo Evento Orocaína	
"Collage"		Granulitización Imatca?	
Cambio Atmósfera	2150 -1960 MA:	Orogenesis Transamazónica: Colisión Continental, Cierre oceánico. Colisión arcos de islas Pastora vs Botanamo y vs Imatca	Supercontinente ATLANTICA
	< 2000 MA:	Rocas Graníticas Intrusivas ricas en K ₂ O	
	2050 - 2230 MA :	Basamento reactivado o intrusivas graníticas sódicas del Complejo de Supamo	
	2100 - 2000 MA :	Cinturones de rocas verdes (CRV) más jóvenes, CA., tipo Botanamo	
	2200 -2000 MA :	Arco Magmático, borde continental activo, Las Cristinas.	
	2300 - 2200 MA :	Cinturones de rocas verdes (CVR) más viejos, TK, tipo Pastora. Inicio O. Transamazónica	
	2400 - 2225 MA :	Rocas graníticas sódicas del Complejo de Supamo intrusivas en C. Imatca en disrupción	
"Collage"	2600 - 2500 MA :	Choque y aglutinación de micro-continentes: Supercontinente GUAYANENSIS o VAALBARA o KENORANO	Migmatita La Ceiba.
Granulitas	2700- 2600 MA:	Migmatización y granulitización de Imatca	
	2960- 2850 MA:	Orogenesis Pre-Transamazónica o Aroensis	
Antiguas	3350- 3000 MA:	Formación de primitivos CRV y complejos tonalíticos pre-Imatca	
	3700- 3400 MA :	Protolito Complejo de Imatca ,Orogenesis Guriense	
	4500-4000 MA:	Bombardeo de meteoritos sobre la Tierra: 40% - 60% fusión del manto/Núcleo. Formación y evolución de rocas komatitas y relacionadas	
	4550 ± 20 MA :	Primitivo Planeta Tierra	

Figura 4.3 Secuencia de eventos Litotectonicos de Escudo de Guayana "Modificado de Sidder y Mendoza, 1995" (Mendoza, G. 2005).

Orogénesis Pre-Tránsamazónica o Aroensis: 2.96 Ga – 2.85 Ga, anfibolitización. Granulitización y migmatización, Figura 4.4 Aglutinación, collage, de un gran supercontinente que designamos con el nombre de Guayanesis o Kenorano (Mason y otros 1995) o Vaalbara (Condie y Sloan, 1998) hacia 2.5 Ga (Mendoza, V. 2005).

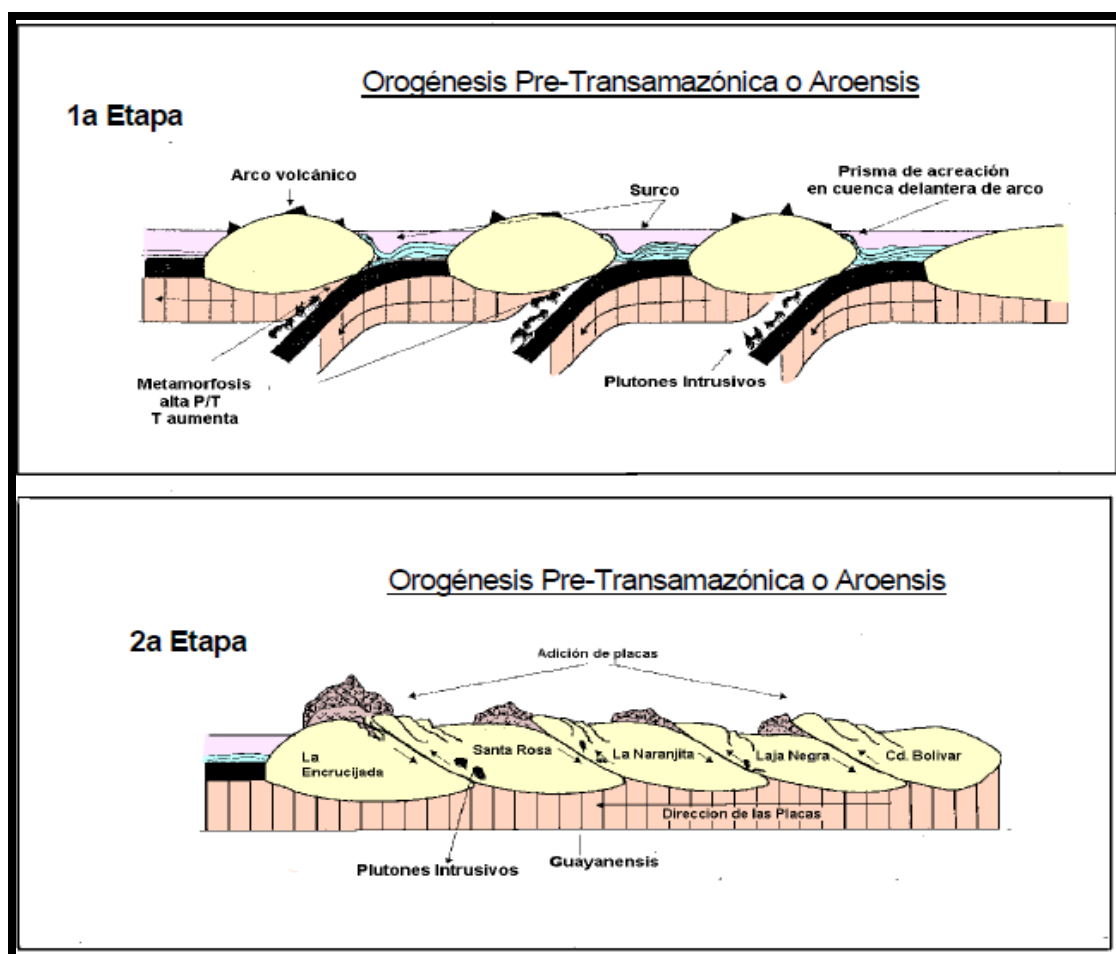


Figura 4.4 Evolución geomecánica de la Provincia de Imataca (1era etapa) por compresión entre placas oceánicas con cambio de subducción a la izquierda y (2da etapa) sucesiva sobreposición o aglutinación de los arcos o micro continentes formando parte del supercontinente Guayanensis o Vaalbara o Kenoreano (Mendoza, V. 2005).

Al final de la orogénesis Transamazónica o Evento Orocaima: 1.98 Ga-1.88 Ga, FEV, rocas graníticas intrusivas del NO Estados Bolívar y Amazonas. Evento tectonothermal suave que no afectó casi al Complejo de Imataca, aunque intrusiones de granitos más jóvenes de este evento también cortaron al Complejo de Imataca.

Después de la Orogénesis Herciniana con Ciclos de Wilson de unos 200 Ma se separa el supercontinente Pangea en bloques continentales y comienza a formarse el Océano Atlántico. De ello tenemos algunos diques de rocas gabroides a norítico-diabásicas intrusivos en el Complejo de Imataca. La Falla de Guri actúa como una falla de transformación en la parte oceánica y como una falla transcurrente en la parte continental.

En suma, se refirieron cuatro disrupciones mayores de supercontinentes: 1) 2.4-2.3Ga del Supercontinente Guayanensis para dar paso al Océano Pastora, 2) 1.55-1.35 Ga del Supercontinente Atlántica-Caura para dar emplazamiento al evento rapakivi mundial, complejos alcalinos, etc., 3) 0.8-0.7 Ga del Supercontinente Rodinia con nuevos emplazamientos alcalinos, complejos carbonatíticos y kimberlitas eclogíticas y 4) 0.2 Ga disrupción del Supercontinente Pangea con la moderna tectónica de placas y la formación del Atlántico. Los tres últimos eventos concuerdan con Condie y Sloan (1.998). La Provincia Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N 60°-70° E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Guri.

Ascanio (1.975) postuló que parte, al menos, del Complejo de Imataca está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes

corrimientos. Ascanio denominó a estas fajas (Figura 2.4) como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar.

Imataca es la provincia del hierro y en ella Ascanio (1.985) distinguió, según el tamaño del grano, tres grandes tipos de depósitos de hierro, que son los siguientes:

1. Depósitos de hierro de grano grueso (> 1 mm): El Pao, Las Grullas, Piacoa.
2. “ “ “ “ medio ($= 1$ mm): Cerro María Luisa.
3. “ “ “ “ fino (< 1 mm): Cerros Bolívar, San Isidro, Los Barrancos, El Trueno, Altamira, Redondo, Toribio, Arimagua, etc.

Los depósitos de hierro de grano grueso tipo El Pao, asociados a granulitas, charnockitas y anortositas; son tipo grueso, pellas naturales que están formados por hematita especular por reemplazo de martita-magnetita, seguidos de finos negros generalmente síliceos y cangas. Las protomenas son cuarcitas de grano grueso a muy grueso, altamente magnéticas. Depósitos similares al de hierro tipo El Pao son Las Grullas. Estos depósitos se caracterizan por mostrar foliaciones bien desarrolladas indicadas por fenocristales orientados de plagioclasa caolinitizados. Los depósitos de hierro tipo El Pao están asociados con pequeños lentes manganesíferos y se interpretaron como, equivalentes metamorfizados, tipo Algoma de Canadá.

Los depósitos de hierro tipo Cerro Bolívar (con los siguientes tipos de menas de tope a base: cangas y ripios, costras, finos marrones, finos negros, finos negros síliceos y cuarcitas parcialmente lixiviadas) se formaron por lixiviación de sílice (son tipo óxidos), a 600-750 m.s.n.m, nivel Imataca, desde hace unos 20 o más millones de

años (Ruckmick, 1963) a partir de “itabiritas” o cherts ferruginosos, de grano fino a muy fino. Venezuela ha producido en la PI desde el año 1.950 hasta 1.999 unos 800 M.t. de mineral de hierro de alto tenor (Mendoza, V. 2005).

Las reservas probadas de alto tenor son cercanas a 1.800 M.t, pero económicamente de bajo fósforo ($<0.06\%$) quedan menos de 400 M.t. Las reservas de bajo tenor con $< 44\%$ Fe superan los 11.700 Mt y suelen contener bajo fósforo ($<0.04\%$). BIF tipo Lago Superior (Figura 4.5) son las protomenas (itabiritas, taconitas, etc.) para la mayoría de los grandes depósitos de enriquecimiento secundario por lixiviación en explotación en Australia, Brasil, India, Sur Africa, Ucrania y Venezuela, según Gross (1.995). Sin embargo, los depósitos tipo Cerro Bolívar, además de estar incluidos en terrenos Arqueozoicos, fueron correlacionados con el tipo Algoma (Dorr, 1.973). A similar conclusión llegó Sidder y Mendoza (1.995) y Sidder (1.995) en base a que Dougan (1.975) postuló rocas metavolcánicas, cuarcitas, cuarcitas con silicatos, ortopiroxeno, intercaladas con taconitas o itabiritas del Cerro Bolívar.

Los depósitos de hierro de Dos Carajás, Brasil, son considerados por algunos autores algo diferentes a los tipo Lago Superior y diferentes a los del tipo Algoma, aunque también, como los tipo Cerro Bolívar, están asociados a rocas volcánicas y forman un nuevo tipo denominado Dos Carajás (Dardenne y Schobbenhaus, 2.000). El Distrito San Isidro tiene como basamento de las BIF anfíbolitas, gneises piroxénicos y gneises tonalíticos.

Sobre el origen o fuentes del Fe y procesos de sedimentación de las BIF se ha debatido mucho. Sobre la fuente del Fe se ha establecido que fue volcánica (Figura 4.5): arco de islas, basaltos de flujo continentales, volcanismo de CRV, volcanismo de ridge oceánicos y volcanismo submarino de plumas de calor del manto superior a

la corteza. Abbott e Isley (2001) concluyen que la deposición de las BIF ocurrieron en megaepisodios de actividad de megaplumas oceánicas de calor (Mendoza, V. 2005).

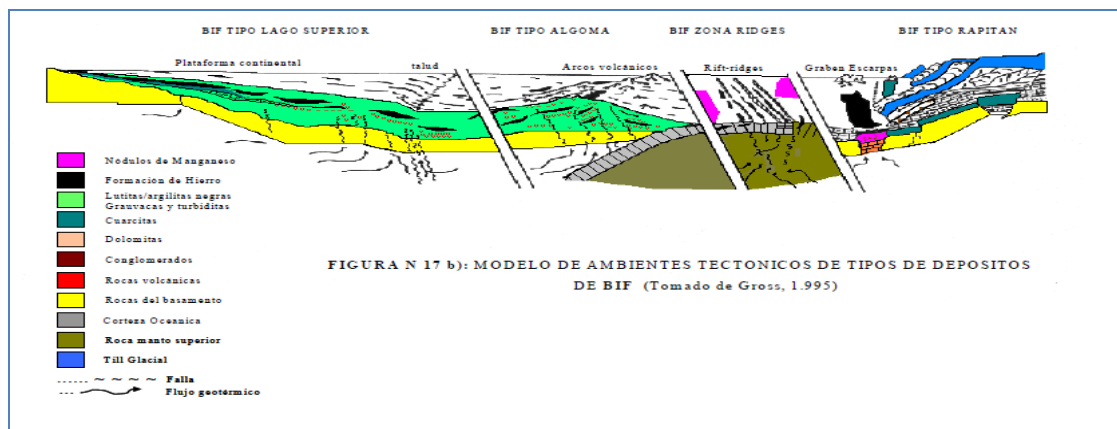


Figura 4.5 Modelo de ambientes tectónicos de tipos depósitos de BIF (Mendoza. 2005).

También ha sido observado que gran abundancia de komatitas de plateau, de origen de plumas de calor, están asociadas con BIF. En el caso particular en las menas tipo El Pao se reconocen rocas ultramáficas y granulitas ultramáficas (meta-komatitas) asociadas a las BIF. Las BIF tipo Algoma, como El Pao tuvieron su máximo hacia 2.7 Ga. Quizás una de los eventos mega-plumas más notorios ocurrió también hacia esa edad. Las menas tipo Lago Superior, predominantes hacia 2.0 y 2.5 Ga, coinciden con muchos, pero menos intensos, eventos de mega-plumas del manto superior-fondo oceánico.

En cuanto a la edad de la Provincia de Imataca algunos gneises, considerados sin evidencia alguna como metasedimentarios, fueron dateados en roca total por Rb/Sr y Pb/Pb como en 3.7-3.4 Ga (Montgomery, 1.976). Como se ha referido antes, rocas

del Complejo de Imataca fueron tectonizadas y deformadas, intrusionadas y metamorfizadas alrededor de los 2.8-2.7 Ga (Migmatita de La Ceiba) y luego durante la orogénesis Transamazónica cuando fueron metamorfizadas de nuevo hasta alcanzar la parte superior de la Facies Anfibolita y la Facies Granulita de dos piroxenos (Sidder y Mendoza. 1.995); (Mendoza, V. 2005).

4.5.4 Fase II

4.5.4.1 Relación de la producción de mineral de Hierro en Cerro Bolívar con los cambios morfológicos desde 1960 hasta 2012

Con la finalidad de mostrar una relación grafica entre la producción de mineral de hierro desde el año 1960 en Cerro Bolívar y morfología actual del mismo se procedió a ejecutar una serie de actividades atreves de la información bibliográfica y cartográfica recopilada.

Se realizó la digitalizaron y reinterpretaron mapas geológicos estructurales, topográficos y geomorfológicos, perfiles topográficos en sentido NW-SE de Cerro Bolívar específicamente en mapas de los años 1960, 1973 y 2012, todo esto utilizando el programa especializado Autocad 2012 y programas auxiliares como Paint, Adobe Reader.

4.5.4.2 Identificación de los procesos Geomorfológicos ocurridos en la zona de estudio mediante una imagen satelital

Para realizar la identificación de los procesos geomorfológicos ocurridos en la zona de estudio se solicitó al Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes Satelitales (LPAIS) una imagen (SPOT 5) Multiespectral y Pancromática del área de estudio, la imagen obtenida es de junio de 2012. Posteriormente se utilizó el programa especializado ArcGIS para visualizar y elaborar los Mapas de orientación y de procesos Geomorfológicos.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo la realización de este trabajo se utilizaron una serie de técnicas e instrumentos principalmente para recolectar los datos y la información necesaria para su desarrollo y por otra parte, el análisis e interpretación de los mismos. Todas estas técnicas e instrumentos se mencionaran a continuación.

1. Revisión bibliográfica: suministra información de distintas fuentes referente al tema en estudio, contribuyendo así con aportes técnicos, los cuales permiten facilitar el desarrollo de la investigación; entre estos tenemos: Libros, artículos, monografías, tesis, documentos, trabajos de investigación presentados en conferencias, congresos y seminarios, revistas, informes técnicos y tesis ó trabajos de grado, publicaciones en internet, entre otras.
2. Equipos de computador: en los cuales será de prioridad trabajar tanto en los distintos programas Microsoft Office con en programas como Auto cad (para crear y digitalizar cortes y mapas), de igual manera el uso de cualquier otro

programa que ayude a adquirir, editar imágenes e incluso imágenes satelitales, como por ejemplo *Google Earth*.

3. Así mismo serán de gran utilidad instrumentos y/o herramientas como:

A_Vehículo

B_Resma de papel tamaño carta

C_Impresora

D_Escáner

E_Reglas, entre otros.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Descripción topográfica del Cerro Bolívar

5.1.1 Evolución del afloramiento ferrífero Cerro Bolívar

El afloramiento ferrífero Cerro Bolívar es una serranía orientada este-oeste, tiene una longitud de 11km y 3 de ancho aproximadamente, está situado a 70 km al sureste de Ciudad Bolívar al oeste de Ciudad Piar.

Su topografía original antes de la explotación estaba conformada por alturas superiores a 801msnm (Figura 5.1) .Hoja 7538 Ciudad Piar, 1:100000, producida en 1970, pero las vistas aéreas fueron tomadas en 1961 Imagen tomada de cartografía nacional.

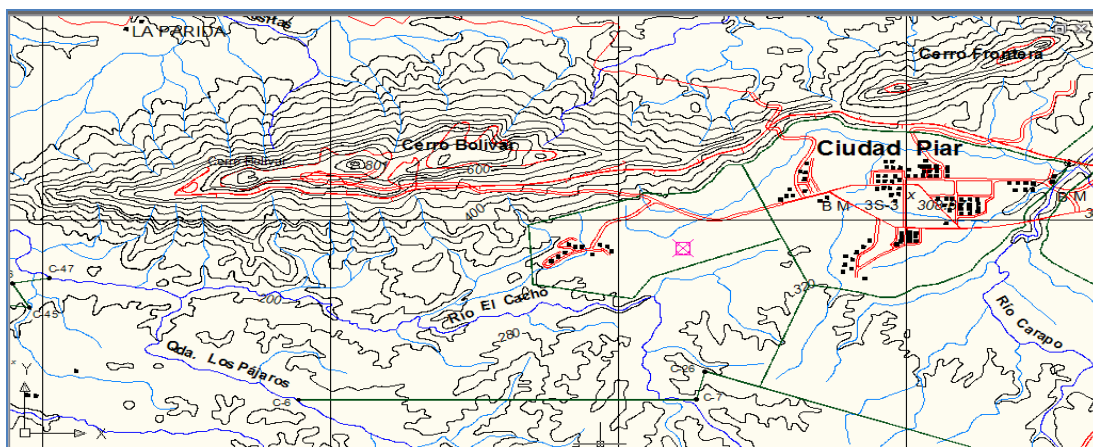


Figura 5.1 Mapa Geológico del Cerro Bolívar 1961. Cartografía nacional

En la Figura 5.2 (Imagen *Google Earth*) del año 2013, se observa el estado actual del Cerro Bolívar. En la imagen se pueden apreciar las cicatrices de la explotación en forma de bancos.



Figura 5.2 Imagen Cerro Bolívar (Google earth 2013).

5.1.2 Revisión de imágenes modernas del satélite SPOT 2012

Estas imágenes fueron procesadas con el programa computarizado global mapper, versión 13.0 y se realizaron dos secciones una longitudinal y la otra transversal

5.1.2.1 Sección longitudinal

En esta sección se observa la explotación en formas de bancos y la cota máxima es de 750msnm, las zonas color naranja son las más altas mientras que las rosadas las más bajas (Figura 5.3). Por otro lado (Figura 5.4) muestra el perfil topográfico de dicha sección.

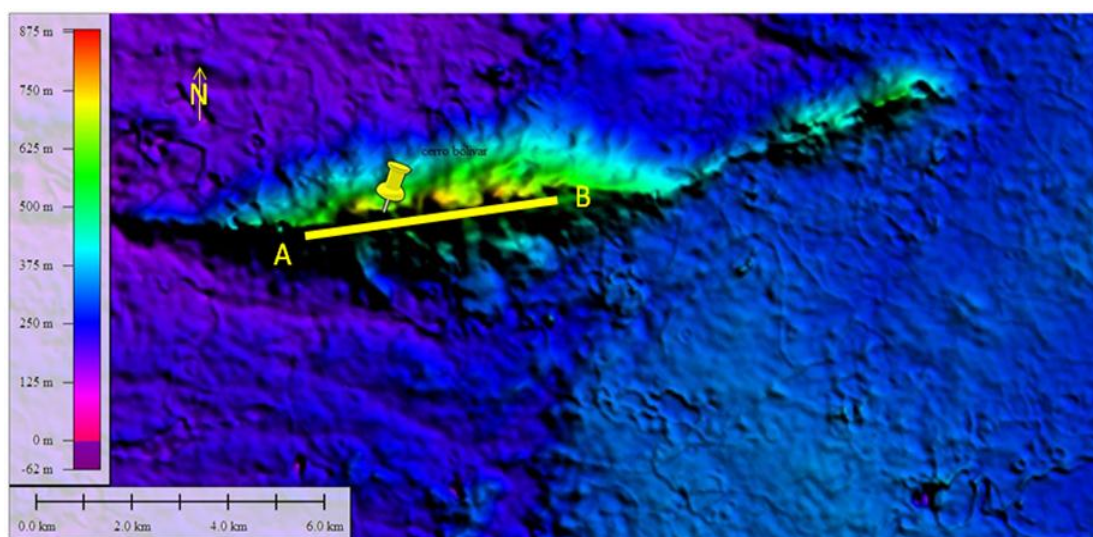


Figura 5.3 Sección longitudinal Cerro Bolívar. Imagen satelital SPOT 2012.

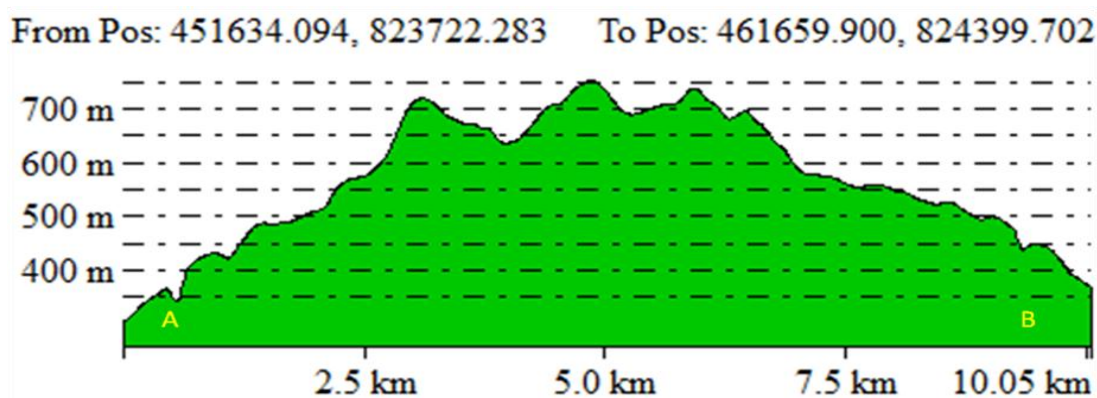


Figura 5.4 perfil topográfico Cerro bolívar de sección longitudinal.

5.1.2.2 Sección transversal

La cota máxima en esta sección es de 750 msnm (Figura 5.5) y arroja un perfil topográfico irregular (Figura 5.6) debido a la explotación que sufrió dicho cerro.

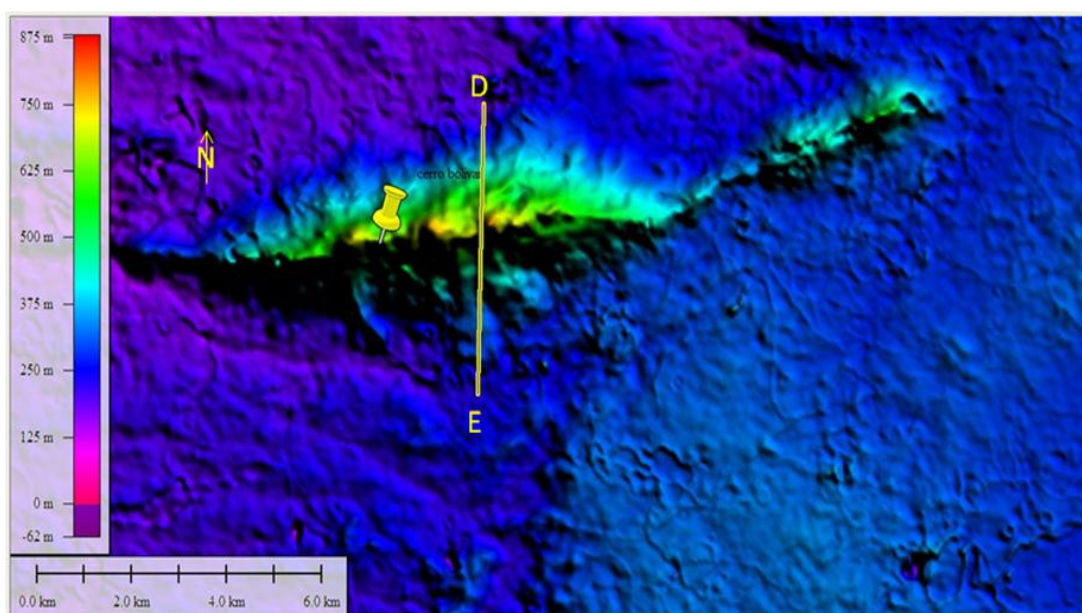


Figura 5.5 Sección transversal Cerro Bolívar. imagen satelital SPOT 2012.

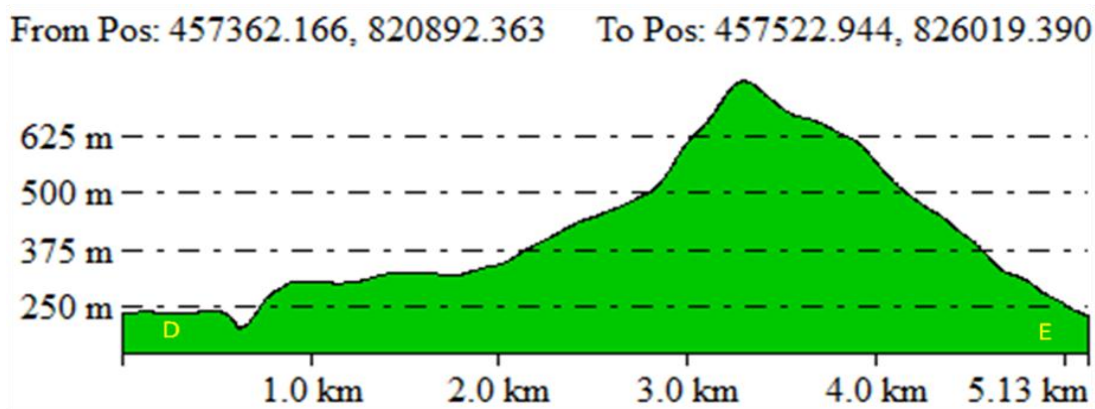


Figura 5.6 Perfil topográfico Cerro Bolívar de sección transversal.

5.1.3 Imagen en 3D del Cerro Bolívar en la actualidad

Se observa que la parte superior del Cerro esta tenía una altura de 750 mts aproximadamente la cual estaba recubierta por cuarcita ferruginosa; el área sufrió intemperismo, se erosiono todo y quedo la sabana alrededor de cerro, sabiéndose que la Cuarcita es más resistente a la erosión que el Gneis. La faja Cerro Bolívar presenta una litología principal de Gnéis uarzo-feldespático, grises y rosado. Estratigráficamente presenta un límite inferior donde se muestra sobrecorrida sobre las fajas La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra, reposando la mayor parte sobre la Naranjita. Estructuralmente está definida por un sinclinorio y anticlinorio, con rumbo N 60° W, el contacto con las otras fajas es estructural (Figura 5.7).

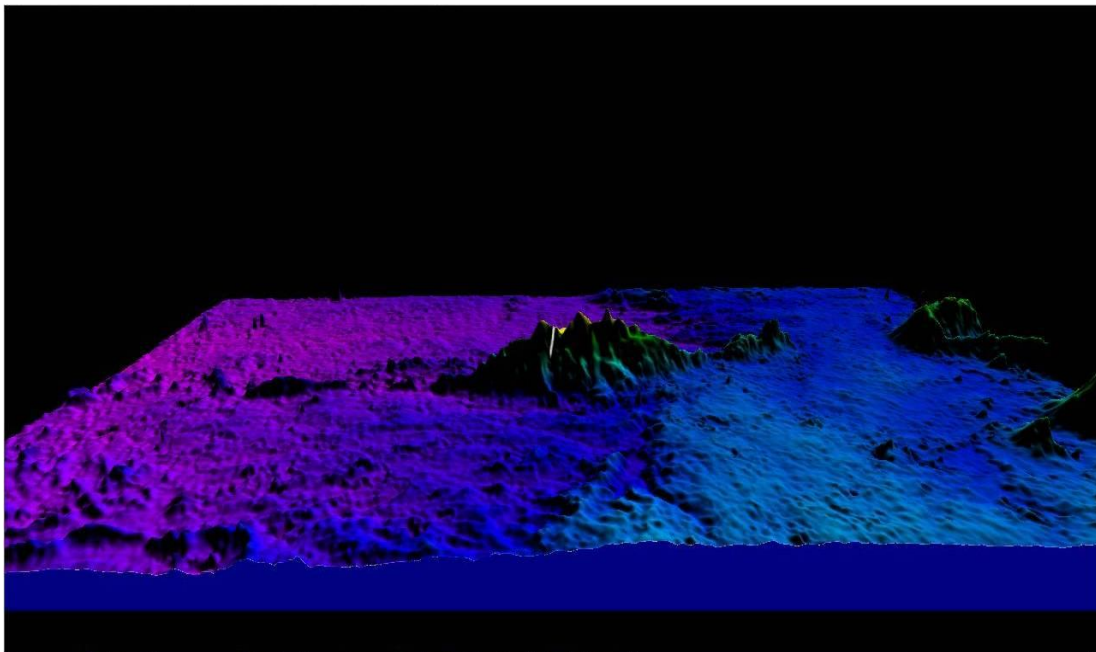


Figura 5.7 imagen de satélite SPOT 2012. Vista en 3D.

5.2 Procesos geológicos-estructurales y geoquímicos que dieron origen a la formación del Cerro Bolívar

Para estudiar los procesos que dieron origen a la formación de Cerro Bolívar lo hacemos inicialmente enmarcandonos en el conjunto de eventos geológicos-estructurales que dieron origen a la Provincia Imataca ya que a ella pertenece el área de estudio, han sido muchos los autores de trabajos importantes sobre esta materia entre los destacados para el desarrollo de este objetivo encontramos al Dr. Vicente Mendoza (2005) y al Dr. Gustavo Ascanio (1975), que nos muestran de una manera amplia y clara los eventos geológicos acontecidos en la génesis de la Provincia del Hierro (Imataca).

De igual manera es necesario comprender entonces como se originó el Escudo de Guayana , el cual es producto de grandes eventos tectónicos como: la Orogénesis, Guriense 3.4 G.a, Orogénesis Pre-Transamazónica o Aroensis 2.96 G.a– 2.85 G.a, Disrupción o rifting del supercontinente Guyanesis hacia 2.4 G.a - 2.3 G.a, Orogénesis Transamazónica 2.3 G.a - 1.95 G.a, Final de la orogénesis Transamazónica o evento Orocaima 1.98 G.a - 1.88 G.a, Colisión de Imataca+ Pastora 1.85 G.a - 1.80 G.a, Sedimentación de Facies Molasoides del Súper grupo Roraima, Disrupción y rifting mayor del gran super continente Atlántica-Caura 1.60 G.a – 1.35 G.a, Desarrollo de pequeños mares, sedimentación de rocas carbonáticas-dolomíticas, emplazamientos de complejos maficos ultramaficos y alcalinos en áreas continentales hacia 1.4 G.a- 1.3 G.a, Orogénesis Nikereana 1.2 G.a – 1.0 G.a, Disrupción o rifting del supercontinente Rodinia 0.85 G.a, y es hasta luego de la orogénesis Herciniana que se separa el supercontinente Pangea en bloques continentales y comienza a formarse el Océano Atlántico.

Se pueden contabilizar 4 disrupciones mayores de supercontinentes, siendo la disrupción del supercontinente Pangea la más reciente. Ascanio, citado por Mendoza (2005), en estudio realizado en la Provincia Imataca postuló, que al menos parte de esta provincia está formada por varias fajas tectónicas (microcontinentes) que por deriva chocaron unos contra otros con obducción, quedando separados entre sí por grandes corrimientos y le asigna nombres a estas fajas, llamándolas: La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar.

El Cerro Bolívar se encuentra geográficamente dentro de esta faja que lleva su nombre, y para comprender los procesos que dieron origen a su formación en este trabajo lo hacemos desde 2 puntos de vista, el primero que comprende toda génesis geológico estructural del Distrito Ferrífero Piar y el segundo punto de vista son los procesos geoquímicos y que ocurrieron para que se diera la formación de menas.

Mendoza, V (2005), nos dice que sobre el origen o fuentes de Fe y las formaciones bandeadas de hierro (BIF) se ha debatido mucho, siendo así se ha establecido que la fuente del Fe fue volcánica: arco de islas (los depósitos tipo Cerro Bolívar, además de estar incluidos en terrenos Arqueozóicos, fueron correlacionados con el tipo Algoma), basaltos de flujo continentales, volcanismo de CRV, volcanismo de ridge oceánicos y volcanismo submarino de plumas del manto superior a la corteza y concluye que la depositación de las BIF ocurrió en megaepisodios de actividad de megaplumas de calor.

En cuanto a los procesos Geoquímicos tenemos que para que exista un enriquecimiento mineral de cualquier tipo deben darse las condiciones mínimas necesarias, en Cerro bolívar y en general en el Distrito ferrífero Piar se dieron las condiciones para que ocurriera el enriquecimiento o yacimiento residual de mineral

de hierro, como por ejemplo la presencia de formaciones de hierro plegadas y alojadas en la parte superior de la columna estratigráfica expuesta, un carácter importante es la forma o topografía estable durante un largo periodo de tiempo que permite la lixiviación de la sílice y la concentración de óxidos.

Cerro Bolívar es una colina de 12 Km de largo por 3 Km de ancho, su estructura principal es un anticlinal flanqueado por dos sinclinales, es por lo tanto un relieve positivo que cumple con las condiciones antes mencionadas. Sobre los flancos del anticlinal descansan bandas de gneis y anfíbolitas meteorizadas, sobre los cuales yacen los sinclinales, los cuerpos de mena residual se desarrollaron principalmente sobre los fondos de los sinclinales. El proceso geoquímico que originó las menas fue la remoción por meteorización de la sílice y los silicatos de las cuarcitas ferruginosas, con la consecuente concentración residual de óxidos o hidróxidos de hierro.

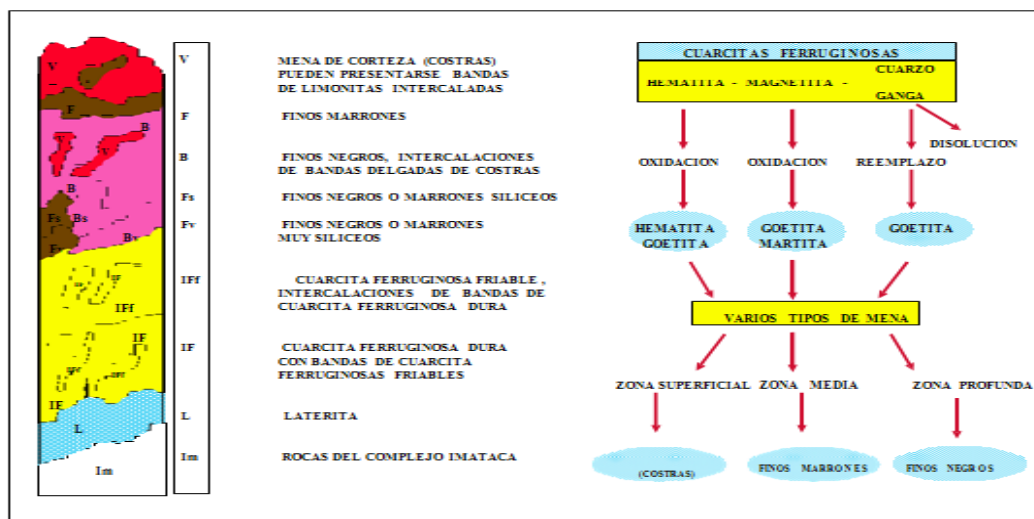


Figura 5.8 Columna litológica y esquema de enriquecimiento supergénico de los yacimientos (C.V.G Ferrominera Orinoco, C.A Jefatura Área Geología 2009).

Las menas que conforman el yacimiento son de dos tipos: menas duras (costras) y menas blandas (finos); en general las menas limoníticas están representadas por costras limoníticas y costras goetíticas, estas limonitas están constituidas por limonitas térreas blandas, porosas de color ocre amarillo con pequeñas proporciones de minerales arcilloso. En otras palabras existen los siguientes tipos de menas de tope a base: cangas y ripios, costras, finos marrones, finos negros, finos negros silíceos y cuarcitas parcialmente lixiviadas) las cuales se formaron por lixiviación de sílice (son tipo óxidos), a 600-750 m.s.n.m (Figura 5.8).

Las cuarcitas ferruginosas, de las cuales se deriva directamente por remoción de la sílice de estas, por aguas meteóricas, con la consiguiente concentración residual de óxidos, e hidróxidos de hierro. Existe una superficie definida que separa la roca meteorizada (Mena), de la roca fresca (cuarcita ferruginosa); los Gneises y esquistos se encuentran infrayacentes, intercalados e incluso suprayacentes con los miembros de cuarcitas ferruginosas. Estos gneises y esquistos se encuentran intensamente meteorizados, dando lugar a unas litomargas y arcillas bandeadas designadas como lateritas.

5.3 Relación de la producción de mineral de Hierro del Cerro Bolívar con los cambios morfológicos desde 1960 hasta 2012

El Cerro Bolívar cuenta con antecedentes de explotación hecha por la concesionaria Orinoco Mining Company la cual inicia operaciones oficialmente en el año de de 1954 hasta 1975 (antes de la nacionalización de la industria del hierro), según consta en registros de excavación, se extrajeron 309.152 millones de toneladas en estos años.

En este periodo se construyeron un total aproximado de 35.000 metros de rampas tanto para acarreo del mineral excavado, como para perforación geoexploratoria del yacimiento.

Para finales del año de 1960 (7 años de explotación) se ha producido en la Mina un total de 75.145 Millones de Toneladas (Figura 5.9), para ese entonces existía una producción promedio de 15 millones de toneladas y ya se podía observar cierta diferencia en la forma del mismo como lo muestra el Anexo 1. En el mismo se puede denotar una línea de superficie original del terreno y otra línea producto de la explotación minera acontecida hasta esta fecha.

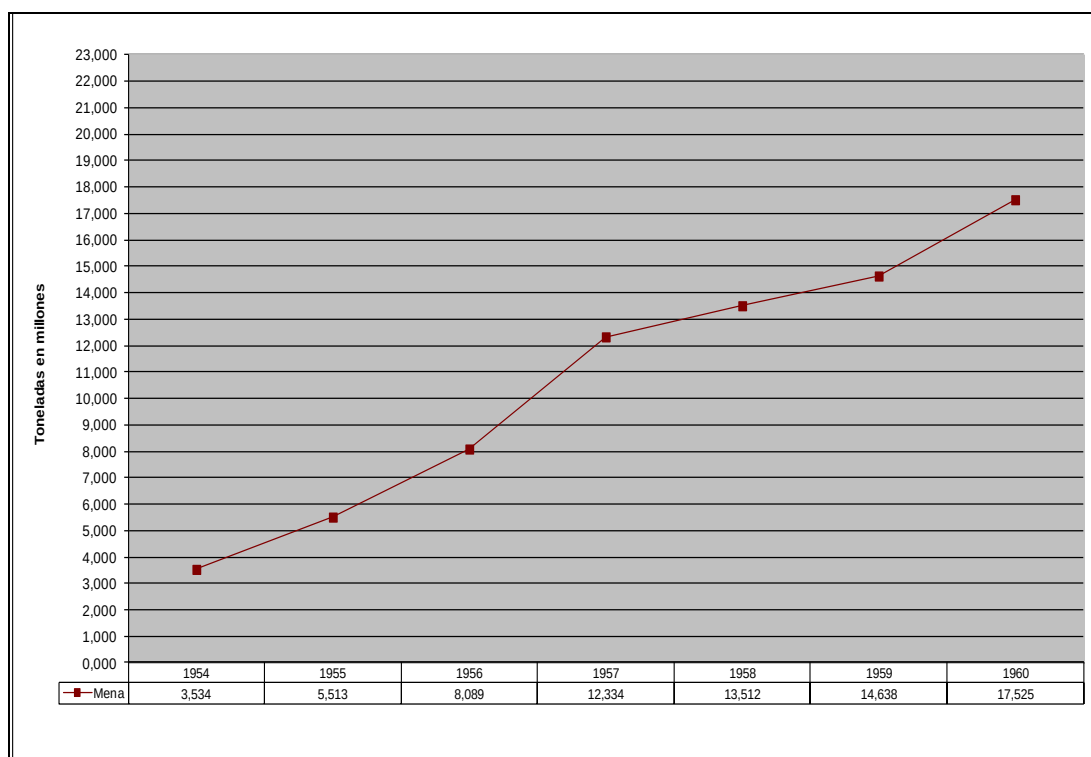


Figura 5.9 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1954 y 1960.

Seguidamente entre los años de 1961 y 1973 estando la producción de la Mina aun Gerenciada por la concesionaria Orinoco Mining Company en 13 años llegan a producir 189.936 Millones de Toneladas (Figura 5.10), produciéndose solo ese año de 1973 más de 19000 Millones de Toneladas, lo que claramente denotaba una tendencia al alza en la explotación pero afectando de manera directamente proporcional la Morfología del Cerro Bolívar como se aprecia en el Anexo 2.

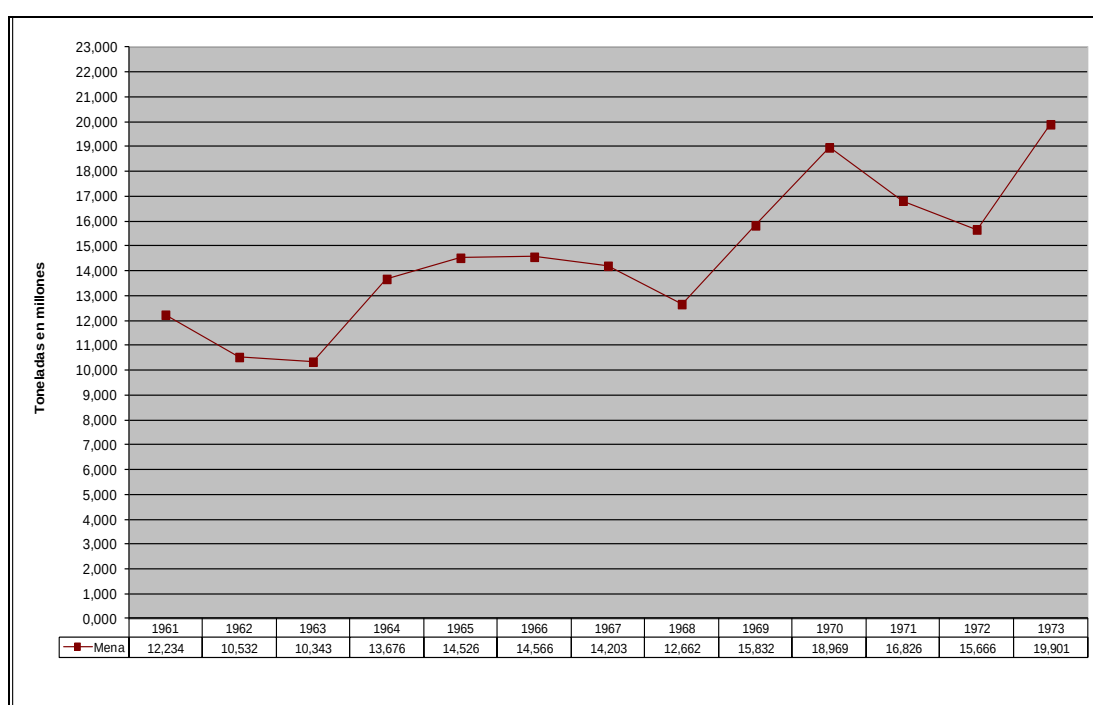


Figura 5.10 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1961 y 1973.

Esta tendencia de alta producción de mineral de hierro se aprecia solo hasta finales de año 1975, fecha para la cual la Mina pasa a ser Gerenciada el Estado Venezolano en la figura de CVG FERROMINERA ORINOCO C.A hasta la actualidad, desde entonces han pasado 39 años y si bien la explotación de la mina no es igual que en años anteriores ya que en todo este lapso de tiempo solo se han producido 167.301 Millones de Toneladas (Figura 5.11) se pueden apreciar una

notable diferencia de en la morfología del Cerro Bolívar, sobretodo en su superficie topográfica, Anexo 3.

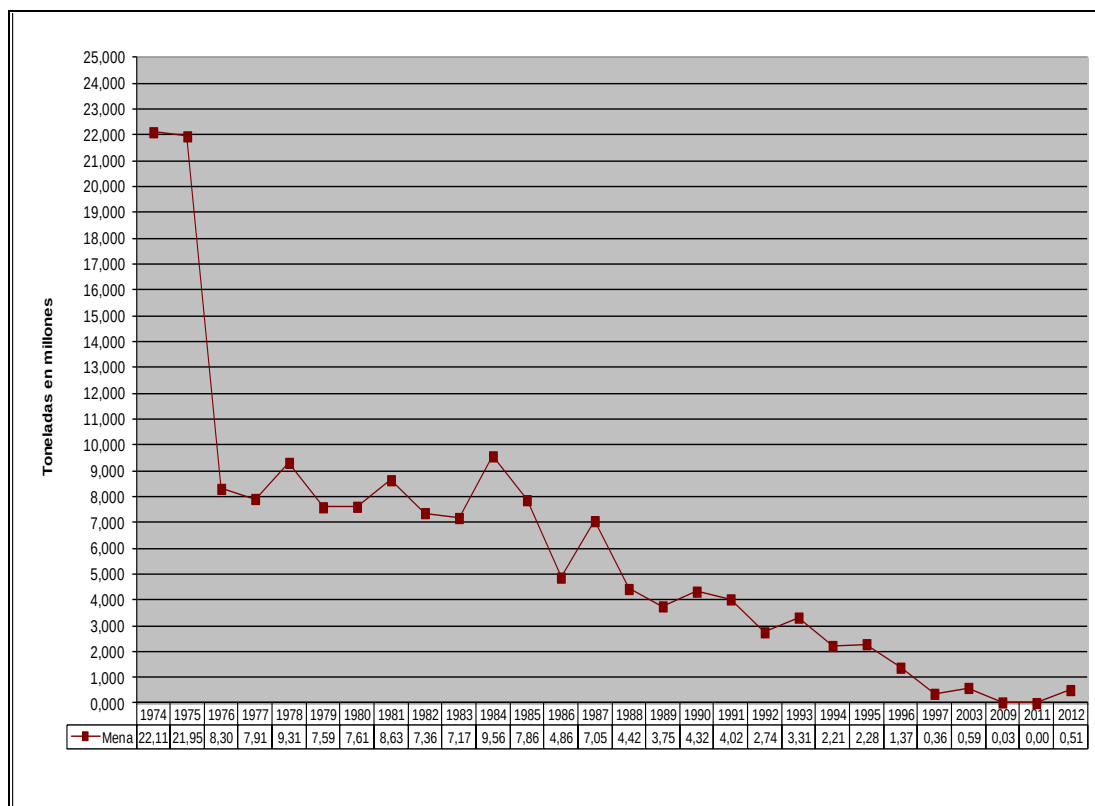


Figura 5.11 Extracción de Mineral de Hierro en Cerro Bolívar entre 1974 y 2012.

Es así como obtenemos que se han producido más de 432.300 Millones de Toneladas de Mineral de Hierro de Cerro Bolívar desde que se inició la actividad minera en esta localidad y ha habido una gran erosión antrópica reflejada y/o expresada de manera gráfica en el Anexo 4.

La zona más afectada queda designada con el código MO1-2 (Anexo 5). Es una unidad de montaña baja caracterizada por una topografía con pendientes fuertes,

superiores al 60%, posee un patrón de drenaje dendrítico o rectangular denso, constituidos por rocas ígneas o metamórficas. Esta unidad está recubierta por una vegetación media en altura como densidad, además de incluir bosques bajos –ralos y herbazales.

Está compuesta por cuatro tipos de relieve:

1. La Sierra está conformada por crestas alargadas y alineadas longitudinalmente. Topográficamente es el relieve más alto con relación a los que le circundan, y presentan una forma escarpada, con pendientes superiores al 60 % geomorfológicamente muestra una estructura plegada. En superficie se encuentran afloramientos rocosos asociados a suelos poco desarrollados y superficies generalmente entisoles. En repuesta a los altas pendientes, la erosión es por remoción de masa en determinados sectores habiendo además escurrimientos difusos o laminar.
2. La Cresta presenta una configuración topográfica aguda y escarpada, con pendientes superiores poco evolucionada del tipo entisoles, asociados a afloramientos rocosos. Las rocas que conforman estos relieves son en mayor grado: Gabros, Metagabros, Cuarcitas y Monzonitas. A consecuencia de las altas pendientes la remoción de masas es el tipo de erosión predominante.
3. La viga está situada en posición transversal con relación a la cresta; presenta un perfil convexo o agudo, muy alargado y está separada una de la otra por pequeñas depresiones o vegas. Geológicamente es similar al tipo de relieve antes descrito. En superficie, existen suelos poco evolucionados superficiales

(entisoles) asociados a afloramientos rocosos. La erosión es en surcos generados por escurrimiento superficial.

4. La Vega Constituye una zona adyacente a las corrientes intermitentes y es topográficamente la más baja de la unidad. Actúa como zona receptora de material coluvial, provenientes de niveles superiores, puede ser anegada en épocas de aumento del caudal de los cursos de agua. El material coluvio-aluvial acumulado posee, por lo general textura arcillosa posiblemente de naturaleza sedimentaria que ha dado lugar a perfiles verticales en paredes estratificadas.

5.4 Identificación de procesos Geomorfológicos en la zona de estudio

5.4.1 Análisis de las Laderas

Para lograr clasificar los procesos Geomorfológicos en el área de estudio fue fundamental la elaboración de un mapa de orientación de laderas (Anexo 6). El método de análisis inicial aplicado se basó en sectorizar dentro de la imagen satelital (Pancromática) del Cerro Bolívar la orientación espacial de las laderas, se observó a cual octante de círculo Azimutal presentado (octante del 1 al 8, Figura 5.12), correspondía la orientación de cada ladera y se establecieron colores y números específicos en las áreas que reúnen a laderas con orientaciones similares (con diferencias enmarcadas en un rango 0° a 45°, Figura 5.13).

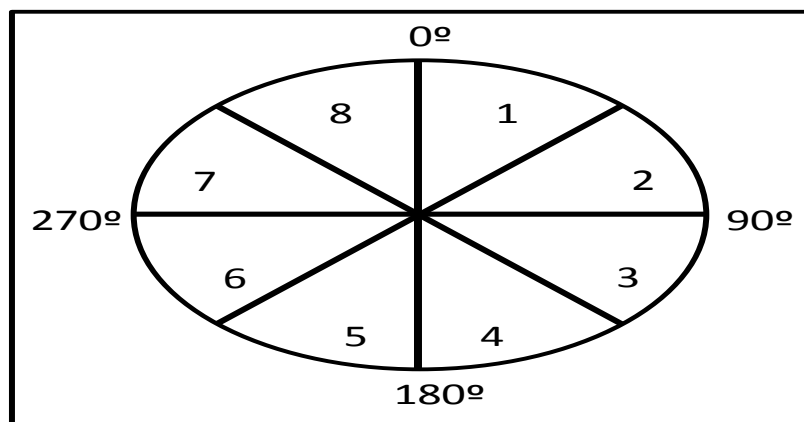


Figura 5.12 Círculo Azimutal (Octante del 1 al 8).

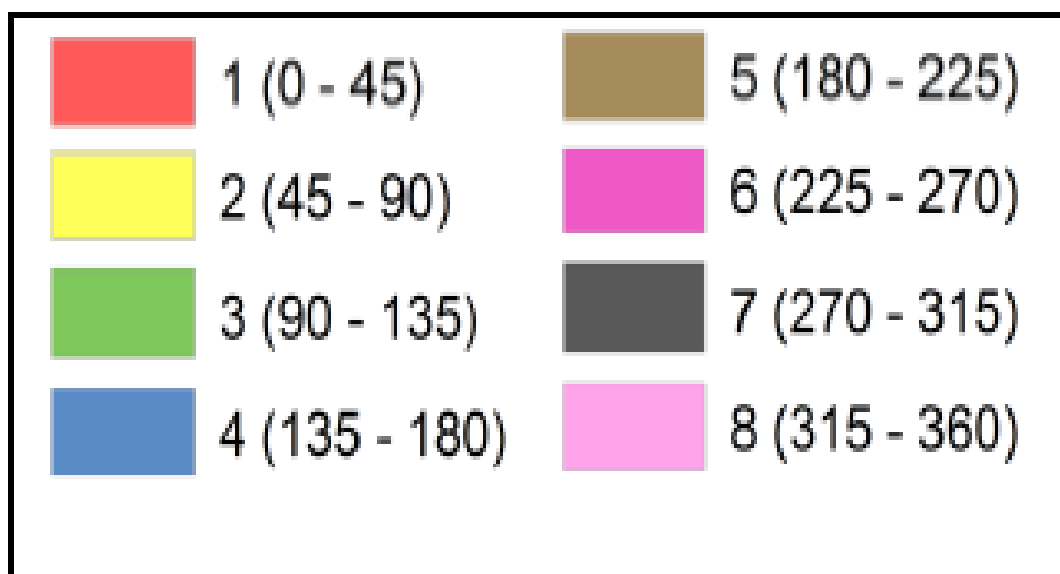


Figura 5.13 Colores asignados al Octante del 1 al 8.

El análisis de Orientación de laderas por octantes refleja 6 direcciones preferenciales que corresponden a direcciones angulares de los octantes 5 (180°-225°), 3 (90°-135°), 4 (135°-180°), 8 (315°-360°), 6 (225°-270°), 1 (0°-45°). Es importante resaltar que el resto de población de ladera está definida por los octantes 7 (270°-315°) y 2 (45°-90°).

5.4.2 Identificación de movimientos en masa

La interpretación de imágenes de sensores remotos es una técnica de vital importancia en áreas de difícil acceso. El análisis realizado para alcanzar el objetivo propuesto tuvo como propósito reconocer e identificar los procesos geomorfológicos ocurridos en el área de estudio. (Anexo 7, Mapa de procesos Geomorfológicos).

Primeramente se utilizó una Imagen multiespectral del Cerro Bolívar (Figura 5.14). La Banda del Infrarrojo cercano resalta las características de vegetación, aparece en tonos rojizos, los suelos podemos apreciar como varían de marrón oscuro hacia el claro en toda esta gama (Los tonos de marrón con tendencia a negro indican roca dura).

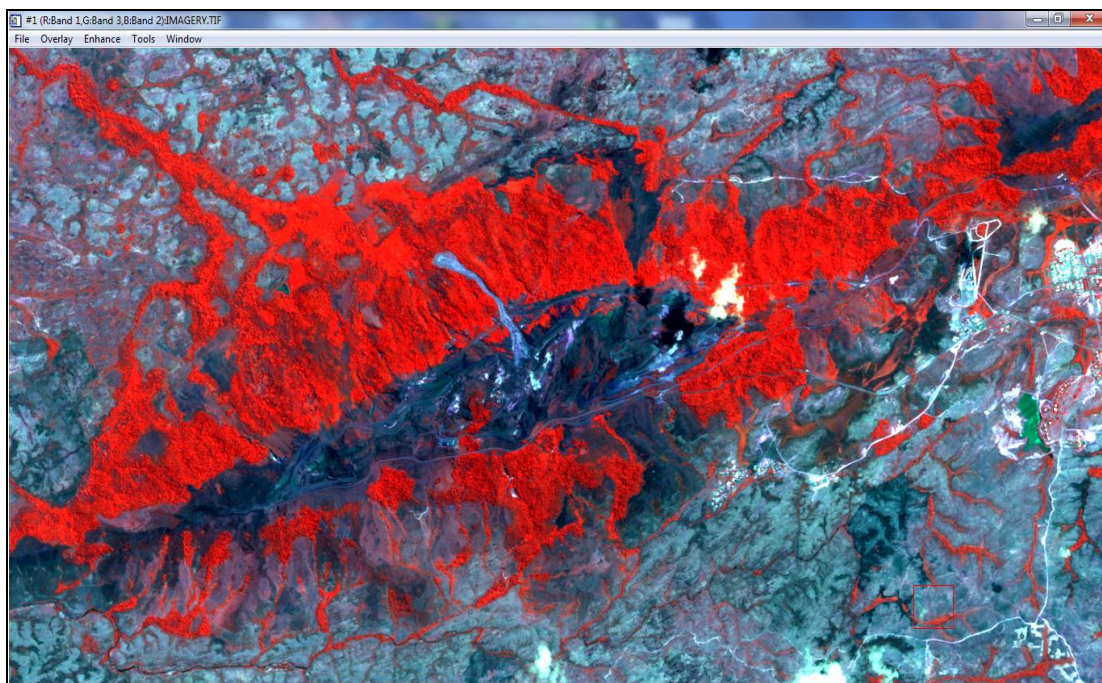


Figura 5.14 Imagen Satelital (Multiespectral) de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.

Esta combinación de bandas es muy útil para los estudios de Vegetación, monitoreo de drenajes, patrones de suelo. Generalmente y lo podemos apreciar en nuestra imagen que los colores rojos profundos indican hoja ancha y/o la vegetación más saludable mientras los tonos de rojo más ligeros significan prados o Áreas de vegetación remanente escasa. Las áreas con vegetación tienden a estabilizar zonas intervenidas y disminuir el índice de procesos geomorfológicos, todas estas zonas rodean nuestra área de interés.

Para el análisis más concreto en la zona de interés se utilizó la imagen Pancromática, (Figuras 5.15 y 5.16) Donde se pueden observar en amarillo, diversos procesos tipo “flujo de detritos”, las cárcavas y surcos de erosión localizados, están representados en color amarillo y se les asigna la orientación preferencial del movimiento. Es característico observar una textura suave que se resalta por un surco de erosión, y cárcavas leves, con escarpes bien definidos.



Figura 5.15 Imagen Satelital Pancromática 1 de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.

Las zonas operativas, marcadas en rojo, son áreas potenciales de procesos tipo “caída de rocas”, la textura gruesa y visiblemente alterada del relieve, no permite zonificar de manera eficiente por la escala de la imagen de trabajo, pero en ocasiones, se observan distorsiones en las en la tendencia de la geometría del talud de producción, pudiendo inferir que ocurren movimientos en las áreas intervenidas, las líneas punteadas indican la tendencia preferencial del movimiento, y son características para indicar procesos inferidos.

Los procesos delimitados en azul, indican movimientos tipo caída de roca, se puede notar una marcada diferencia en la textura de la imagen, tonos oscuros y geometrías tipo cárcava, características de geoformas generadas por estos movimientos.

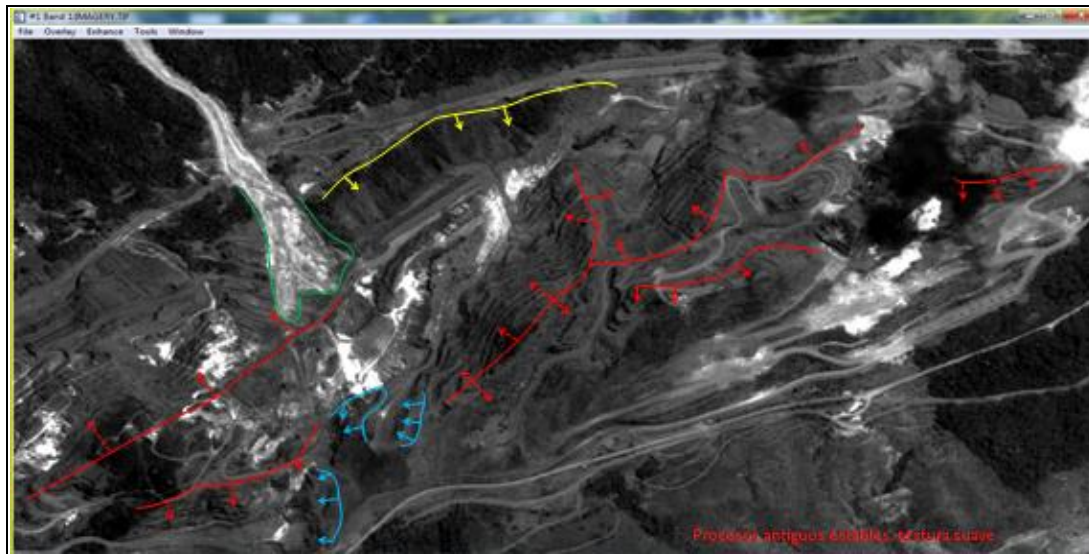


Figura 5.16 Imagen Satelital Pancromática 2 de Cerro Bolívar. SPOT 5 Junio 2012.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Describir la topografía actual del Cerro Bolívar se logró mediante interpretación de imágenes de satélite y mapas topográficos, en donde se pudo identificar la zona de estudio como un relieve positivo, de 12 Km de largo por 3 de ancho alargado, de aproximadamente 750 m.s.n.m, en una localidad donde la altura de terreno es aproximadamente 250 ms.n.m, el Cerro tiene un Rumbo OSO-ENE, en sus adyacencias o áreas circunvecinas se identificaron zonas de sabana.
2. El análisis de los procesos geológico-estructurales y geoquímicos que dieron origen al Cerro Bolívar nos han servido para apreciar de una manera más amplia los eventos como: la formación de la Provincia Imataca (Arcos de islas, distintas orogénesis y/o eventos tectónicos), presencia de formaciones de hierro plegadas, y por ultimo procesos geoquímicos (lixiviación de la sílice y la concentración de óxidos) en condiciones de interperismo que permitieron el enriquecimiento supergénico del yacimiento de Hierro en Cerro Bolívar, así como también en todo el distrito ferrífero Piar.
3. Relacionar la producción de mineral de Hierro del Cerro Bolívar desde 1960 hasta 2012 con la evolución morfológica del mismo permite tener una idea clara y sobretodo gráfica de la afectación que la actividad minera ha generado sobre la zona de estudio producto de la extracción de más de 432.300 Millones de Toneladas de Mineral de Hierro en este periodo de 52 años , modificando las morfología original de Cerro Bolívar, así como también muestra una de las

tantas maneras en que el hombre con el fin de beneficiarse de los recursos naturales puede alterar las formas originales de la superficie terrestre.

4. Se logró identificar los procesos geomorfológicos en la zona de estudio, y se pudo representar gráficamente mediante la realización un Mapa de Procesos Geomorfológicos actual del Cerro Bolívar, Los movimientos en masa identificados y clasificados fueron Flujo de detritos y Caídas de Rocas; de igual forma se identificó un área o zona de desalojo.

Recomendaciones

1. Actualizar la información de los mapas geológicos del cuadrilátero Ferrífero de Ciudad Piar y áreas adyacentes.
2. Reevaluar los yacimientos que no han sido explotados aun por C.V.G Ferrominera Orinoco C.A., con el fin de calcular las reservas de los mismos y decidir si pueden ser explotables en el futuro.
3. Caracterizar mediante un trabajo de campo y de manera detallada los Movimientos en masa ocurridos en Cerro Bolívar.
4. Realizar una maqueta o pendón didáctico de Cerro Bolívar con su Morfología y Topografía actual.

5. Hacer difusión de esta información a la comunidad estudiantil y a la población en general, ya que el Cerro Bolívar es una referencia regional del Estado Bolívar.

REFERENCIAS

Arias, F. (2006) **DESCRIPCION SISTEMATICA DE UN TRABAJO DE INVESTIGACION**, 10 de Septiembre 2012, [<http://www.monografias.com/trabajos667/descripcion-sistemica-estructura/descripcion-sistemica-estructura2.shtml>].

Ascanio, G. (1975) **EL COMPLEJO IMATACA EN LOS ALREDEDORES DEL CERRO BOLIVAR**. X Conferencia Geológica Inter-Guayanas, Folleto Técnico, Dirección de Minas, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Bolívar, Venezuela, Pp. 23-13.

Castro, V. (2010) **TÉCNICAS MINERAS: PRINCIPIOS DE LOS MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN**. 03 de septiembre de 2012. [<http://www.monografias.com/trabajos79/tecnicas-mineras-metodos-explotacion/tecnicas-mineras-metodos-explotacion.shtml>].

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) Ferrominera Orinoco C.A. (1991) **ESTUDIOS DE LOS YACIMIENTOS**. Informe Interno.

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) Ferrominera Orinoco C.A. (2009). **UBICACIÓN RELATIVA DE LOS YACIMIENTOS Y SUS ACCESOS**. Publicación interna.

Corporación Venezolana de Guayana. Técnica Minera C.A. (C.V.G – Tecmin) (1987) **PROYECTO INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA**. Manual metodológico (versión preliminar). P 330.

Espinoza, J. (2009) **TOPOGRAFÍA DOCENTE**. 25 Agosto de 2012. [<http://topografiadocente.over-blog.es/article-34307781.html>].

Franco, Y. (2011) **TESIS DE INVESTIGACIÓN**. 07 de noviembre de 2012. [<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/07/investigacion-documental-manual-upel.html>].

García, L.. (2011) **GEOLOGÍA DE 4º**. 27 septiembre de 2012
[<http://lauraylageologia4.blogspot.com/2011/11/procesos-geologicos-externos-el.html>].

García, R.J. (2011) **PROCESOS EXÓGENOS**. 27 septiembre de 2012.
[<http://geogeneral-unesr-bna.blogspot.com/>].

Gutiérrez, J. A. (2004) **GUÍA TEÓRICA DE GEOMORFOLOGÍA**, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, Universidad de los Andes, Mérida.

Huanca, W. (2008) **TIPOS DE EROSIÓN DE SUELOS**. 01 septiembre de 2012.
[<http://www.monografias.com/trabajos62/tipos-erosion-suelos/tipos-erosion-suelos.shtml>] .

Kallikoski, J. (1965) **GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE-CENTRAL DEL ESCUDO DE GUAYANA**. Boletín Geológico N° 7. Caracas, Venezuela, pp.28-30.

Linares, K. (2010) **PERFIL TOPOGRÁFICO**. 30 de Agosto de 2012.
[<http://www.monografias.com/trabajos81/perfil-topografico/perfil-topografico2.shtml>].

Martínez, J. (2008) **EVALUACIÓN DE LA GEOLOGÍA DE SUPERFICIE EN EL DISTRITO FERRÍFERO PIAR, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Estado Bolívar, Trabajo de Grado, pp 13-20.

Mendoza, V. (2.005) **GEOLOGIA DE VENEZUELA (ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANO Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE)**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Tomo I, pp. 49-62.

Petroleos de Venezuela S.A.- Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (PDVSA-INTEVEP) (1997) **CÓDIGO GEOLÓGICO DE VENEZUELA**. Complejo de Imatoca. 07 de septiembre de 2012. [<http://www.pdv.com/lexico/i3.htm>].

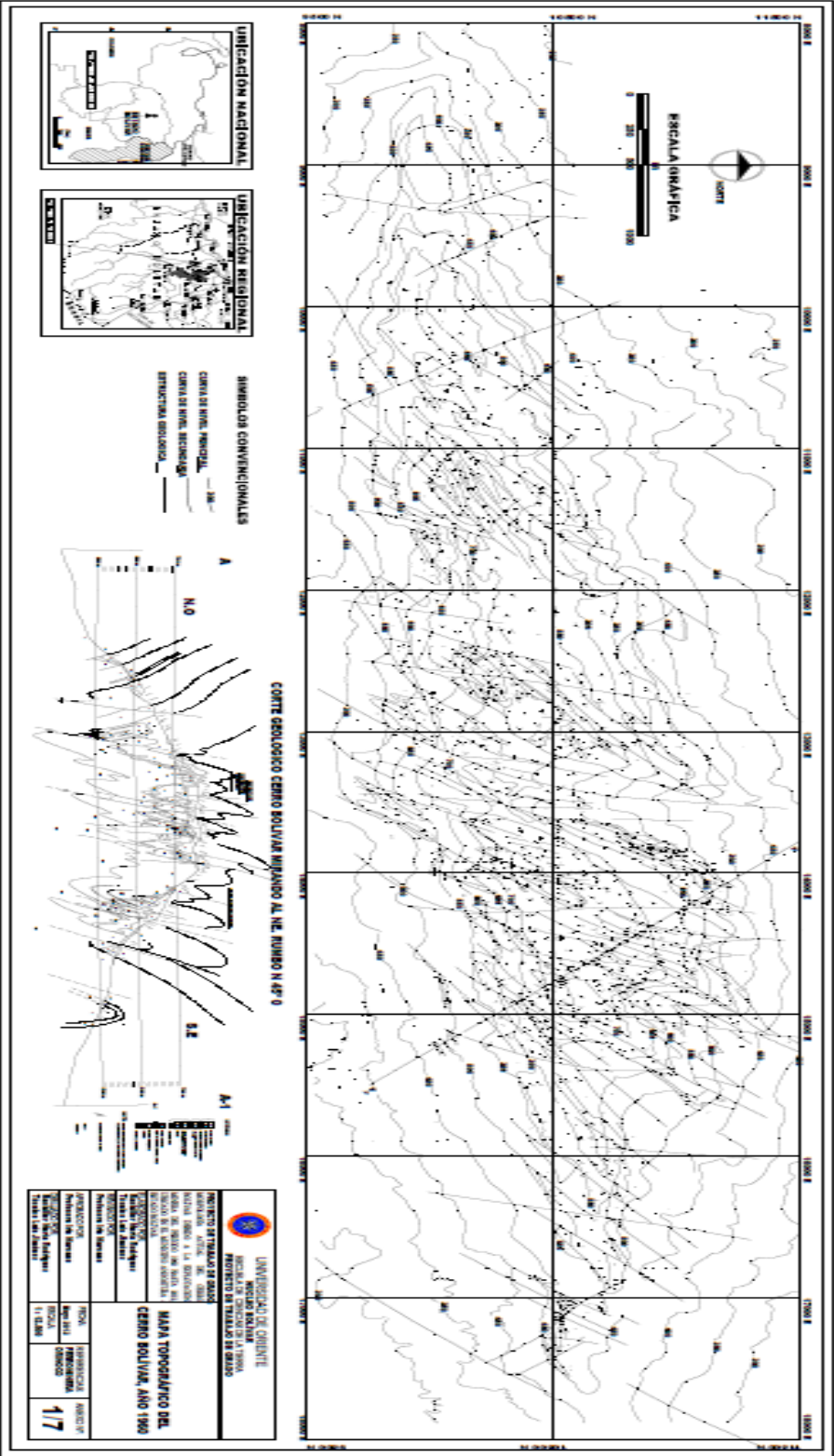
Petroleos de Venezuela S.A.- Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo. (PDVSA-INTEVEP) (1997) **MUSEO GEOLÓGICO VIRTUAL-HIERRO**. 07 de Septiembre de 2012. [<http://www.pdv.com/lexico/museo/minerales/hierro.htm>].

Ruckmick, J. C.; Luchsinger, S. E. (1960) **GEOLOGÍA DEL CERRO BOLÍVAR**. Boletín de Geología Publicación Especial, 3 (3), pp 972-984.

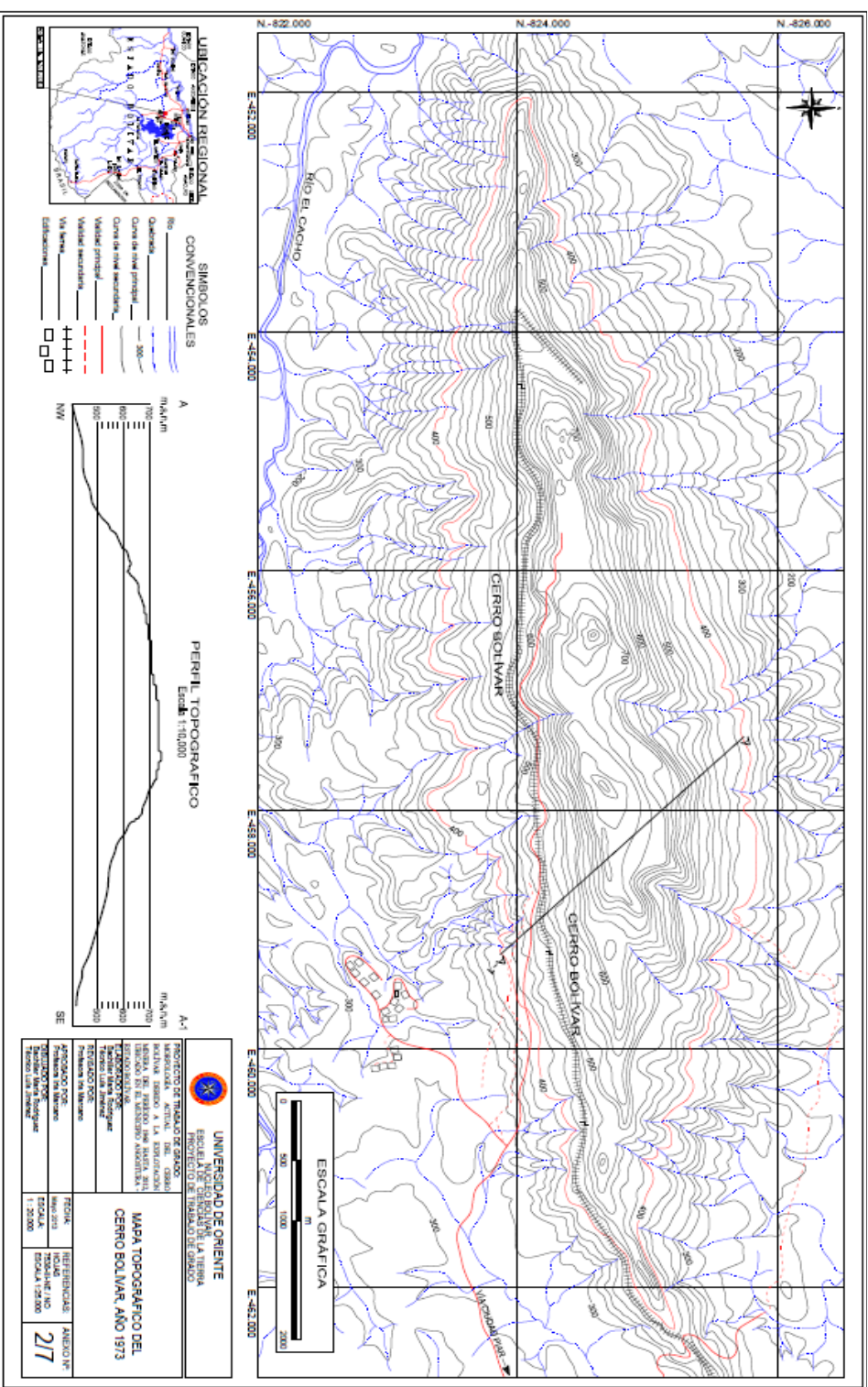
Stralher, A. (1988) **MINAS Y ROCAS DE CERRO BOLÍVAR**. Informe de CVG Ferrominera C, A.

Wigdski, J.(2010) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. 15 de septiembre de 2012. [<http://metodologiaeninvestigacion.blog.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>].

ANEXOS

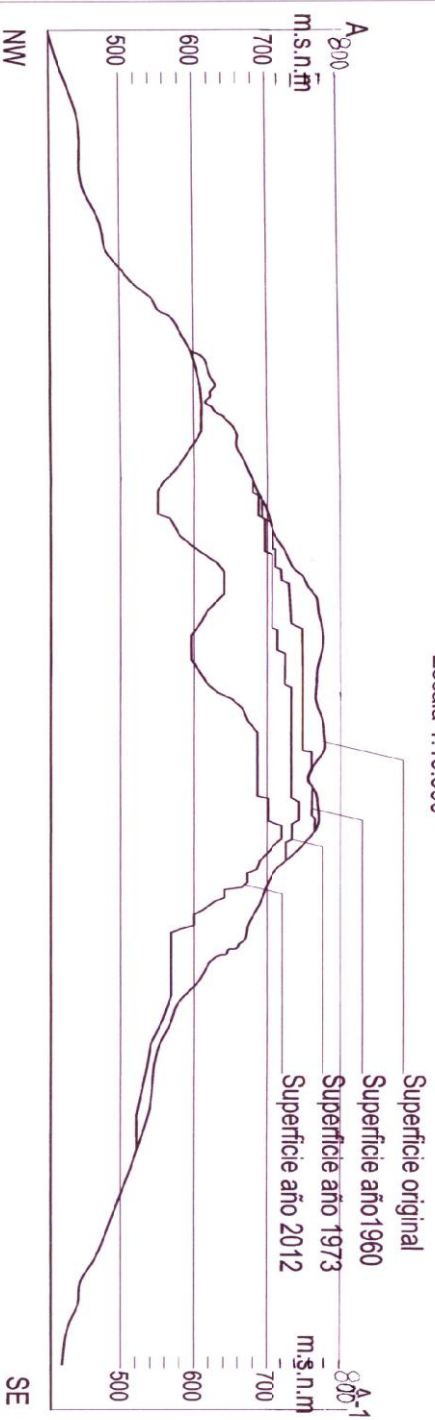


MAPA TOPOGRÁFICO DEL CERRO BOLÍVAR, AÑO 1960.



MAPA TOPOGRÁFICO DEL CERRO BOLÍVAR, AÑO 1973.

PERFIL TOPOGRAFICO Escala 1:10.000



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO:

MORFOLOGÍA ACTUAL DEL CERRO BOLIVAR DEBIDO A LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL PERIODO 1960 HASTA 2012. UBICADO EN EL MUNICIPIO ANGOSTURA - ESTADO BOLIVAR.

ELABORADO POR:
Bachiller María Rodríguez
Técnico Luis Jiménez

REVISADO POR:
Profesora Iris Marciano

APROBADO POR:
Profesora Iris Marciano

DIBUJADO POR:
Bachiller María Rodríguez
Técnico Luis Jiménez

COMPARACIÓN DE PERFILES
AÑOS 1960, 1973 y 2012

FECHA: Mayo 2013

REFERENCIAS:
Elaboración propia

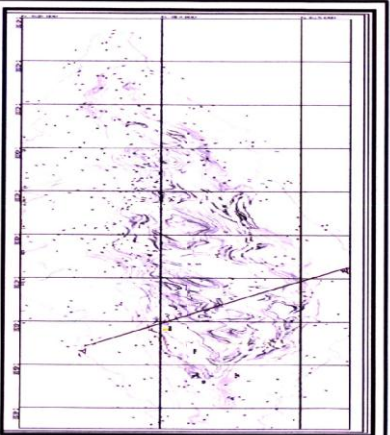
ESCALA:

1 : 10.000

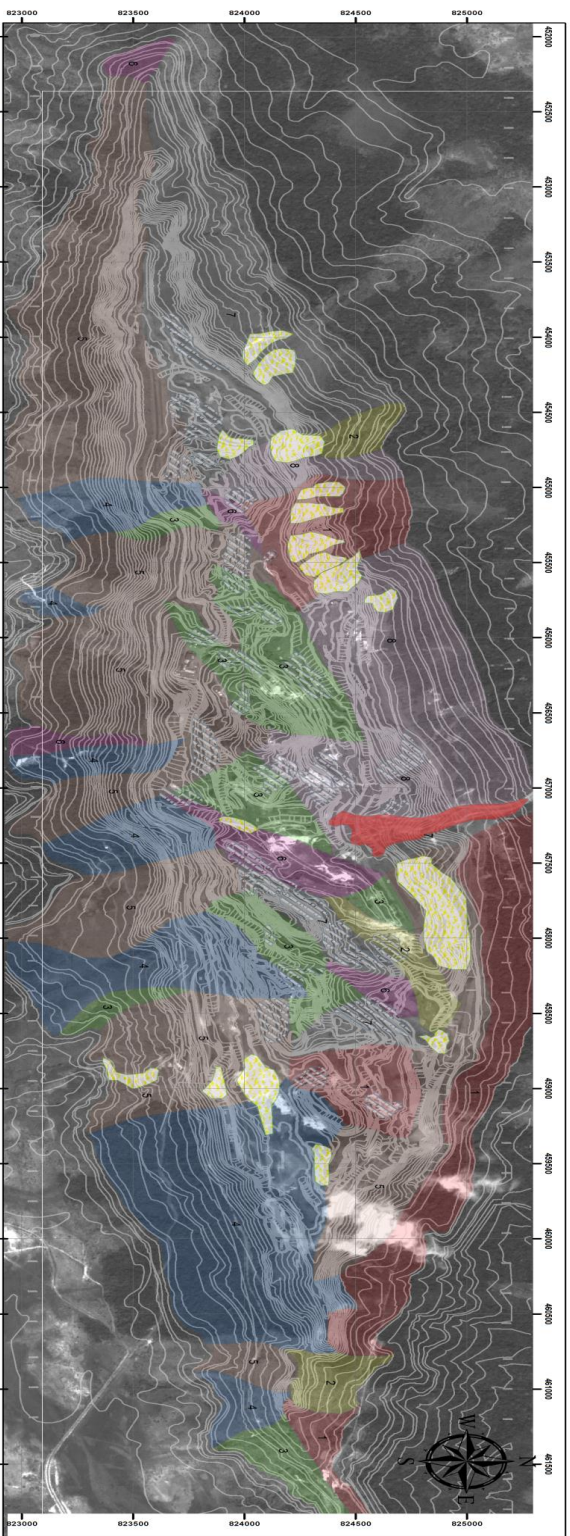
ANEXO N°:

4/7

MAPA TOPOGRAFICO DE CERRO BOLIVAR, AÑO 2012



COMPARACIÓN DE PERFILES TOPOGRÁFICOS, AÑOS
1960, 1973 Y 2012.

[illegible]

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

Título	MORFOLOGIA ACTUAL DEL CERRO BOLIVAR DEBIDO A LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL PERIODO 1960 HASTA 2012, UBICADO EN EL MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA-ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MARÍA J. , RODRÍGUEZ B.	CVLAC	19872629
	e-mail	mariajose.rb1989@gmail.com
	e-mail	
LUIS C. , JIMÉNEZ S.	CVLAC	17182216
	e-mail	luiscjs06@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Geomorfología
Topografía
Lixiviación
Colina
Morfología
Ladera
Autocad
Interpretación

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología.	Geología

Resumen (abstract):

Es irrefutable la importancia económica, política y social que tuvo a mediados del siglo pasado el inicio de la explotación de mineral de hierro en el Cerro Bolívar y sus adyacencias para el desarrollo de esta región del oriente del país. El nacimiento y construcción de ciudades planificadas e integrales como Puerto Ordaz, de vías de comunicación (carreteras), vías férreas, puertos y aeropuertos son entre muchos, ejemplos de este hecho. El presente trabajo estudia la Morfología actual del Cerro Bolívar debido a la explotación minera del periodo 1960 hasta 2012, ubicado en el Municipio Bolivariano Angostura-estado Bolívar. La metodología utilizada se dividió

en 6 etapas que van desde la recopilación de la información hasta la elaboración del reporte final. En el proyecto se analizan los procesos que dieron origen a la zona de estudio así como también la descripción de la topografía actual comparando esta con la antigua, se relacionan la producción de mineral de hierro con la topografía y morfología actual del Cerro Bolívar y se identifican los procesos Geomorfológicos en el mismo. La topografía principalmente se analiza mediante cortes de topográficos de mapas de los años 1960, 1973 y 2012, mientras que la interpretación Geomorfológica se logró mediante el análisis de imágenes satelitales SPOT 5 (Multiespectrales y pancromáticas), utilizando el Sistema de información geográfico ArcGIS, lográndose diferenciar relieves, geoformas, rasgos físicos importantes y movimientos en masa (fluído de detritos, caídas de roca y áreas de desalojo).

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

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
IRIS MARCANO	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☒ JU ☐
	CVLA	5990907
	e-mail	irismar_1958@hotmail.com
	e-mail	
JACQUES EDLIBI	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLA	12189882
	e-mail	jacques edlbi @hotmail.com
	e-mail	
JESÚS SANTIAGO	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLA	5756871
	e-mail	Santije@cantv.net
	e-mail	
	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☐
	CVLA	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	12	10
------	----	----

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-().doc	Aplication/msword

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

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

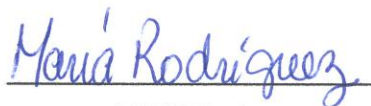
Área de Estudio: Departamento de Geología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

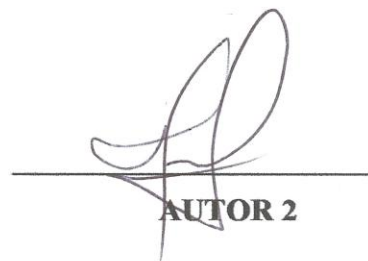
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO

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



AUTOR 1



AUTOR 2



TUTOR