

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



**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE 2500 HECTÁREAS
UBICADAS EN EL CUADRANTE NORTE DEL SECTOR
TENTEDURO, KM 60 CON FINES DE APROVECHAMIENTO
DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS (GRANITOS),
MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR EL
BACHILLER CARRASCO
LUIS, PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO 2012

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado “**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE 2500 HECTÁREAS UBICADAS EN EL CUADRANTE NORTE DEL SECTOR TENTEDURO, KM 60 CON FINES DE APROVECHAMIENTO DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS (GRANITOS), MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**”, presentado por el bachiller **LUIS CARRASCO**, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Profesor Jorge Abud

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Firmas:

Profesora Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de Geología

Ciudad Bolívar ____ de Febrero 2012

DEDICATORIA

El presente trabajo primeramente se lo dedico a mi *DIOS*, por ser Luz y Guía en nuestras vidas, sin duda alguna con Él todo es posible.

A mi madre, *Alicia Carrillo* por haberme formado en lo que soy hoy, sin duda ella llena por completo con todo el esfuerzo que implica, el concepto de lo que es ser un buen padre. Y darme la oportunidad de crecer y desenvolverme en un ambiente lleno de amor y humanidad.

A mis hermanas *Perla del Valle* y *Chuchube Carolina* que son pilares fundamentales en mi formación moral; a mi primo *Saúl* por ser motivo de seguir adelante y de superación.

A amigos y compañeros, de la *Udo* por apoyarme y brindarme su colaboración que de alguna u otra manera me fue de gran importancia.

Mis logros son los suyos.

Luis Carrasco

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente y a todos los profesionales que laboran en ella, por haberme brindado la oportunidad de formarme académicamente en sus aulas de estudio.

A mis tutores; Jorge Abud y José Freites, a los profesores Wilmer Zerpa, por su asesoría y colaboración en este trabajo de grado, muchas gracias.

Al Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB), por ofrecerme la oportunidad de laborar en sus instalaciones. A Mayuli, por su contribución en el desarrollo de este trabajo.

A mis tíos; Saúl Melecio y Audelina, por brindarme su apoyo incondicional y contribución en mi formación de la estadía en mi carrera. Muchas gracias!

Luis Carrasco

RESUMEN

La zona de estudio se encuentra localizada al noreste de Ciudad Bolívar, municipio Heres, estado Bolívar, con coordenadas U.T.M. demarcadas por 490254-500189 Este y 900601-911424 Norte, cuyo objetivo general es interpretar geológicamente 2500 hectáreas ubicadas en el cuadrante norte del sector Tenteduro, Km 60, municipio Heres, estado Bolívar, se planteó la siguiente metodología, de tipo descriptiva y de campo desarrollándose de la siguiente manera; se recopiló toda la información del área de estudio (mapas, informes de avances, etc.); un reconocimiento de la zona, la evaluación de los rasgos geológicos-estructurales más importantes y la recolección de muestras de rocas, análisis petrográficos y ensayos geomecánicos de las muestras, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados: la zona se encuentra caracterizada por dos litologías: Provincia de Imataca y Formación Masa, según los análisis geoquímicos las concentraciones de SiO₂ para TG-01, TG-02 y TG-03 con 70,12%, 69,23% y 72,01% respectivamente, para los análisis petrográficos las rocas corresponden a granitos y granitos gnéisicos. Determinándose en los estudios geomecánicos que las muestras están en el rango de muy bajo porcentaje de absorción de agua, también se encuentran dentro del rango de resistencia alto siendo TG-03 la muestra con mayor resistencia con 6.247,40 (Kg/cm²) según Deere y Miller, el nivel de flexión en las mismas es muy bajo siendo TG-02 la más baja con 425,33 (Kg/cm²), la absorción de agua varía entre 0,28% y 0,29% determinándose que es factible a ser usada en material de agregado en la industria de la construcción y en diversas actividades industriales por sus características geomecánicas.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación u objeto de estudio	3
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la Investigación	4
1.5 Alcances	4
1.6 Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	6
GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación del Área de Estudio.....	6
2.2 Acceso al área de estudio	7
2.3 Caracterización del medio físico natural.....	7
2.3.1 Clima	7
2.3.1.1 Temperatura.....	7
2.3.1.2 Humedad relativa.....	8
2.3.1.3 Precipitación	8
2.3.1.4 Evaporación.....	8
2.3.1.5 Insolación	9
2.3.1.6 Radiación Solar	9
2.3.1.7 Vientos.....	9
2.3.2 Geomorfología.....	9
2.3.3 Drenaje	10
2.3.4 Suelos	11
2.3.5 Vegetación.....	13

2.4 Geología Regional.....	14
2.4.1 Provincia de Imataca	15
2.4.1.1 Litología	15
2.4.1.2 Metamorfismo	16
2.4.1.3 Ambiente tectónico.....	17
2.4.1.4 Plegamientos.....	18
2.4.1.5 Contactos	19
2.4.1.6 Edad	19
2.4.1.7 Correlación	20
2.4.1.8 Importancia económica	20
2.5 Geología local	23
2.5.1 Provincia de Imataca	24
2.5.2 Formación Mesa	25
2.5.3 Sedimentos recientes	26
CAPÍTULO III.....	27
MARCO TEÓRICO	27
3.1 Antecedentes	27
3.2 Bases Teóricas.....	27
3.2.1 Magma.....	27
3.2.2 Serie de reacción de Bowen	29
3.2.3 Rocas ígneas	30
3.2.4 Clasificación de las rocas ígneas	32
3.2.4.1 Clasificación descriptiva	32
3.2.4.2 Clasificación química	34
3.2.4.3 Clasificación modal.....	35
3.2.5 Planos Geológicos	35
3.2.5.1 Dirección de inclinación.....	36
3.2.5.2 Rumbo	36
3.2.5.3 Falla Geológica.....	36
3.2.6 Teledetección.....	37
3.2.7 Sensores remotos	38
3.2.8 Procesamientos de datos satelitales	38
3.2.9 La interpretación de sensores remotos y fotos aéreas para un amplio rango de aplicaciones que incluyen.....	39
CAPÍTULO IV	40
METODOLOGÍA DE TRABAJO	40
4.1 Tipo de investigación.....	40
4.2 Diseño de la investigación	40
4.3 Recopilación de la información	42
4.4 Identificación de las unidades geológicas del área	43

4.5 Determinación de las características petrográficas de las muestras.....	43
4.6 Determinación la calidad de la roca mediante ensayos geomecánicos	43
4.6.1 Ensayo de compresión.....	44
4.6.2 Ensayo de flexión.....	45
4.6.3 Ensayo de abrasión de los Ángeles	45
4.6.4 Densidad de la roca	46
4.6.5 Porcentaje de absorción.....	47
4.6 Análisis las características geoquímicas de las muestras recolectadas	48
4.7 Interpretación a través de imágenes de radar, satelital y ortoimagen la geología y estructuras de la zona	48
4.8 Determinar la factibilidad económica de la roca para su posible explotación con fines ornamentales según ensayo geomecánico	50
CAPÍTULO V.....	52
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
5.1 Identificación de las unidades Geológicas en el área de estudio	52
5.1.1 Complejo geológico de Imataca	52
5.1.2 Formación Mesa	53
5.1.3 Aluviones o sedimentos recientes	53
5.2 Determinar las características petrográficas de las muestras	54
5.2.1 TG 01	54
5.2.1.1 Textura y cristalinidad	54
5.2.1.2 Descripción composicional	55
5.2.2 TG 02	56
5.2.2.1 Textura y cristalinidad	56
5.2.2.2 Descripción composicional	57
5.2.3 TG 03	58
5.2.3.1 Textura y cristalinidad de la roca	58
5.2.3.2 Descripción composicional	59
5.3 Determinar la calidad de la roca mediante ensayos geomecánicos	60
5.3.1 Ensayo de compresión.....	60
5.3.2 Ensayo de flexión.....	61
5.3.3 Ensayo de Abrasión de los Ángeles	61
5.3.4 Densidad de la roca	63
5.3.5 Porcentaje de absorción.....	64
5.4 Analizar las características geoquímicas de las muestras recolectadas	64
5.5 Interpretar a través de imágenes de radar, satelital y orto imagen la geología y estructuras de la zona	65
5.6 Determinar la factibilidad económica de la roca para su posible explotación con fines ornamentales según ensayo geomecánico	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	71
BIBLIOGRAFIAS	73

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación relativa del Sector Tenteduro Km 70 Vía Puerto Ordaz-Ciudad Bolívar. Google Earth.	6
2.2 Geomorfología del área de estudio, lomeríos y peniplanicies. (C.V.G TECMIN, 1991).	10
2.3 Relación entre las Fajas tecto – litológicas y yacimiento granitos ornamentales, Bolívar Norcentral, Venezuela. (Mendoza, 2005).	17
2.4 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA - Intevp, 1.999 - 2.001).	21
2.5 Columna estratigráfica de la Formación Mesa. (Carrasco G. 1985).	25
3.2 Clasificación textural de las rocas ígneas. (Heinrich, 1978).	34
4.1 Flujo grama de actividades.	41
4.2 Fotografías aéreas utilizadas en la Fotointerpretación.	49
4.3 Imagen satelital del área estudiada en las fotografías aéreas. Googleearth.	50
5.1 Afloramiento de la Provincia Geológico de Imataca en el Sector norte de Tenteduro.	52
5.2 Formación Mesa observada cerca de los afloramientos.	53
5.3 Sedimentos recientes presentes cerca de los afloramientos.	54
5.4 Muestra TG-1. A) Cuarzo, B) Microclina pertítica, C) Cuarzo fracturado.	56
5.5 Muestra TG-2. A) Microclina pertítica, B) Plagioclasa, C) Cuarzo, D) Pertita. .	58
5.6 Muestra TG-3. A) Microclina pertítica, B) Cuarzo, C) Plagioclasa, D) Sericita.	60
5.7 Interpretación de lineamientos de las fotografías aéreas.	65
5.8 Interpretación del drenaje de las fotografías aéreas.	66
5.9 Interpretación de unidades litológicas de las fotografías aéreas.	67
5.10 Imagen satelital del área estudiada en las fotografías aéreas. Googleearth.	68

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Promedio de la composición química de las rocas del Complejo de Imataca. 1. Granulitas félsicas ácidas rojas; 2. Granulitas félsicas ácidas verdes; 3. Gneises graníticos, 4. Granulitas félsicas intermedias; 5. Granulitas Hornablenditas máficas, 6. Anfibolitas, 7. Granulitas Biotíticas máficas. Dougan en Mendoza, V. (2000).	18
3.1 Tipos de fallas. (Iriondo, 2007).	37
4.1 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de desgaste por el método de abrasión de los ángeles. (Deere y Miller, 1963).	46
4.2 Potencial y litología de las rocas ornamentales del Estado Bolívar. (Angel Paulo, 2000).	51
5.1 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 01.	55
5.2 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 02.	57
5.3 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 03.	59
5.4 Ensayo de resistencia a la compresión.	60
5.5 Ensayo de flexión.	61
5.6 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P1 01.	61
5.7 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P2 02.	62
5.8 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P3 03.	63
5.9 Ensayo de densidad de las muestras TG 01, TG 02 y TG 03.	63
5.10 Porcentajes de absorción de las Muestras.	64
5.11 Contenido porcentual químico de las muestras tomadas.	65
5.12 Interpretación de las unidades geológicas basado en los patrones de radar.	66
5.13 Potencial y litología de las rocas ornamentales del Estado Bolívar. (Angel Paulo, 2000).	69

INTRODUCCIÓN

El escudo de Guayana, es una de las regiones de Venezuela que se ha caracterizado siempre por sus rasgos geológicos y mineros. En el podemos encontrar un gran número de minerales, como lo son el oro, hierro, bauxita, caolín entre otros; pero no solo los minerales son abundantes en Guayana; en esta zona del país también se encuentran gran cantidad de rocas ígneas y metamórficas que por su belleza, resistencia y gama de colores, se han venido utilizando como rocas ornamentales y como material de construcción; entre ellos tenemos granitos, esquistos, gabros, etc.

El Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB), es uno de los entes encargados en el estado, de llevar el control de las diversas actividades realizadas por las empresas que explotan minerales no metálicos; es por ello que surge de la necesidad de realizar estudios geológicos en diferentes zonas de la región, los cuales son vistos como posibles prospectos mineros.

Entre los factores que definen la explotabilidad de la roca, se encuentran: el grado de fracturamiento, la alteración que afecta a los minerales que componen la roca, la homogeneidad textural, la presencia de minerales oxidantes, resistencia a diferentes esfuerzos, coeficiente de absorción de agua; en general determinadas características físico-mineralógicas que puedan afectar la calidad de la roca y que condicionan el mayor o menor precio del producto en el mercado.

El trabajo muestra los resultados de la investigación geológica realizada de rocas con posible uso ornamental ubicados en sector Tenteduro, en km 60 vía Ciudad Bolívar-puerto Ordaz, municipio autónomo Heres del estado Bolívar. En consecuencia, en este estudio se determinan los factores que precisan la factibilidad de interpretar desde el punto de vista ornamental los granitos presentes en la zona, para el aprovechamiento del material.

Esta investigación se estructuró de la siguiente manera: en el capítulo I se plantea la situación a investigar se establecen el objetivo general y los objetivos específicos así como también las limitaciones, en el capítulo II, está referido a las generalidades de las áreas de estudio, el capítulo III, está referido al marco teórico donde se describen conceptos que se deben manejar para la explicación del trabajo de grado. En el capítulo IV se detalla la metodología de trabajo empleada en la realización de esta investigación definición cada uno de los objetivos planteados y por último en el capítulo V se realiza el análisis e interpretación de los datos obtenidos. Luego las conclusiones, recomendaciones, referencias y respectivos anexos de interés.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

Este estudio se basa en realizar una interpretación geológica de afloramientos graníticos ubicados dentro de los márgenes del sector Tenteduro km 60, en la vía Ciudad Bolívar- Puerto Ordaz, Estado Bolívar, con la finalidad de conocer la calidad de la roca para su aprovechamiento con fines ornamentales.

1.2 Antecedentes

Los estudios realizados con anterioridad en el área, solo han sido de carácter cartográfico, específicamente en la delimitación de las coordenadas de la zona Tenteduro km 60, y de las características más resaltantes dentro de sus límites como lo son: algunos de sus afloramientos, drenaje y vías de acceso. Los afloramientos graníticos del sector Tenteduro, no han sido estudiados previamente a cabalidad con todos los parámetros requeridos en una interpretación geológica; por lo tanto, ha sido necesario realizar una serie de análisis y ensayos para así poder designar un posible uso de la roca.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Interpretación geológica de 2500 hectáreas ubicadas en el cuadrante norte del sector Tenteduro, km 60 con fines de aprovechamiento de los afloramientos rocosos (granitos), municipio Heres, Estado Bolívar.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las unidades Geológicas en el área de estudio.

Determinar las características petrográficas de las muestras.

Determinar la calidad de la roca mediante ensayos geomecánicos.

Analizar las características geoquímicas de las muestras recolectadas.

Interpretar a través de imágenes de radar, satelital y orto imagen la geología y estructuras de la zona.

Evaluar la factibilidad económica de la roca para su posible explotación con fines ornamentales.

1.4 Justificación de la Investigación

La finalidad de esta investigación es verificar la geología del sector para así tener conocimiento del potencial existente en cuanto a minerales no metálicos para poderle dar un aprovechamiento en la industria de la construcción la cual ha sufrido un gran crecimiento en los últimos años.

1.5 Alcances

El principal motivo para llevar a cabo esta investigación, es dar a conocer las características geomecánicas de las rocas estudiadas, para determinar su posible interés económico dentro de la industria de las rocas ornamentales.

El área de estudio presenta afloramiento de rocas graníticas, cuya explotación generaría fuentes de ingreso para el estado, para el propietario e inversionista del área; de igual forma, sería de beneficio para la colectividad social al proporcionar fuentes de empleo.

1.6 Limitaciones de la investigación

Una de las limitaciones que se presento durante la realización de la investigación fue el factor clima lluvioso en los días de salida de campo.

2.2 Acceso al área de estudio

El área de estudio es accesible a través, de la carretera vieja asfaltada que une a Ciudad Bolívar y el Km 70. Desde ciudad Bolívar se recorren 47 km hasta llegar a un cruce de una vía engrazonada, de allí se va en la dirección Norte y se recorren 6 km hasta llegar a la zona de estudio.

2.3 Caracterización del medio físico natural

2.3.1 Clima

El clima que predomina en la zona de estudio es de tipo sub – tropical húmedo a clima tropical de sabana, que se divide en una estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de Mayo hasta Octubre y una estación lluviosa corta que comprende desde Noviembre hasta Diciembre. Además de esto dos períodos lluviosos, la zona muestra una estación seca que se extiende desde el mes de Enero hasta Abril. (C.V.G TECMIN, 1991).

2.3.1.1 Temperatura

La temperatura total media de la zona es de 26 °C aproximadamente, con una oscilación térmica promedio anual de 1.8 °C.

Los períodos de máxima temperatura son Abril, Septiembre y Octubre y los meses menos cálidos son Enero, Febrero, Junio y Julio; poco variables debido a la ubicación geográfica del área dentro de la Zona Intertropical y al poco desnivel topográfico. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.2 Humedad relativa

La humedad relativa promedio anual es de 73%, mayor en Junio-Julio y menor en Marzo-Abril. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.3 Precipitación

El área de estudio recibe una precipitación total media anual de 1400 mm. La temporada de lluvia comienza en Mayo y termina en Octubre, y ésta recoge, en promedio, el 88% del volumen total de lluvia. Junio y Julio son los meses más lluviosos. El período de sequía abarca los meses de Enero, Febrero y Marzo, siendo este último el que registra la pluviosidad más baja del año (23,8 mm en promedio).

Los meses de Abril y Diciembre se comportan como transicionales entre los períodos de sequía y lluvia y viceversa, respectivamente. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.4 Evaporación

La evaporación total media anual de la zona es de 2600 mm, siendo estos bastante elevados; y valores medios mensuales superiores a los 140mm.

El máximo principal ocurre en los meses de Marzo a Mayo, debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de brillo solar, baja humedad relativa, así como el sensible aumento de la velocidad del viento.

Por otra parte, la evaporación registra su valor más bajo durante el mes de Diciembre, aunque en Junio, Julio y Agosto también se observa una leve disminución. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.5 Insolación

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera. La insolación media anual es de 7,4 horas. Los máximos valores de horas de sol se observan en Septiembre y Marzo y los más bajos en los meses de Junio, Diciembre y Enero. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.6 Radiación Solar

El área en estudio recibe una radiación solar promedio anual de 393 cal/cm^2 día. Los máximos principales ocurren durante los meses de Marzo y Septiembre, y otro secundario en el mes de Octubre. Los valores mínimos se presentan durante los meses de Diciembre - Enero y Junio. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.1.7 Vientos

La dirección prevaleciente del viento es en sentido E (Este) y ESE (Este-Sureste), con una velocidad media anual de 11 Km/h.

El cálculo de la estación lluviosa óptima, refleja que en la estación Ciudad Bolívar este período es de tres meses, comenzando en Junio y terminando en agosto. (Servicio de Meteorología FAV, 2.006).

2.3.2 Geomorfología

Los terrenos donde se ubican los domos graníticos se caracterizan por presentar una topografía ondulada y un paisaje de lomerío. (Figura 2.2).

También se muestran áreas con un paisaje de peniplanicie, lo cual es indicio de la presencia de erosión diferencial que ha ocurrido en la región y procesos de peneplanación que combinan acciones mecánicas y químicas.

Dando origen generalmente a relieves rebajados donde se alternan colinas, glaciais y vegas, con presencia de domos como cerros testigos, (C.V.G. TECMIN, 1991).



Figura 2.2 Geomorfología del área de estudio, lomeríos y peniplanicies. (C.V.G TECMIN, 1991).

2.3.3 Drenaje

Esta zona se encuentra ubicada la Quebrada la Danta, presentando un drenaje de tipo dendrítico, siendo los principales colectores drenajes intermitentes; en el área se observan afluentes de agua permanente. (C.V.G. TECMIN, 1991).

En las riberas del Sur, se han formado planicie de inundación saturadas de canales y pequeñas lagunas.

Otros paisajes un tanto más elevado no son considerable afectado por las inundaciones, como tales están las planicies de la Formación Mesa y multi lomerío.

Es posible que el Orinoco fluyera sobre el nivel elevado de las planicies (Formación Mesa) para la época del máximo relleno, pero luego, al cambiar los factores que causaron la colmatación, produjo una incisión hasta volver a discurrir por el sustrato geológico cristalino (Complejo de Imataca). Antes del terciario, probablemente, el río no surcaba el espacio en referencia, pues se supone que desemboca en el Mar Caribe, el levantamiento de los sistema Andino y Costero influyo para que se deriva hacia el noreste del país.

Gran parte de esta tiene sus nacimientos en paisaje de lomerío, cuyos tipos de relieve, así como las fallas y diaclasa, que hacen que los patrones de drenaje (Paralelo y subrectangulares). Sin embargo el patrón tiende a la red dendrítica cuando los cuerpos de agua discurren por planicies disectada (Cárcavas) o sectores mas bajo de dicha subcuencas.

2.3.4 Suelos

Los suelos del área son poco profundos en los topes de las lomas y profundos en la base de las vertientes, de texturas pesadas y de acuerdo a la Taxonomía de Suelos Norteamericanos (Soil Survey Staff, 1992), pertenecen al Orden Ultisoles, específicamente a los Sub – grupos Arenic y Grossarenic Kandistults (suelos arcillosos y ácidos con bajo contenido de bases intercambiables, por lo que su fertilidad y permeabilidad es escasa), asociados a afloramientos rocosos, lo que va a sustentar una vegetación herbácea o arbustiva. (C.V.G. TECMIN, 1991).

La capacidad de uso de los domos es nula, se caracteriza por la presencia de afloramientos rocosos en altas proporciones y suelos muy escasos e inexistentes.

La mayor parte de los suelos han evolucionado a partir de rocas metamórficas, en particular cuarcita ferruginosa, cuarcita, gneisis granítico y anfibolita, y rocas ígneas, particularmente, granito y diabasa. También en menores proporciones se ha formado a partir de sedimentos coluvión-aluviales, provenientes de la alteración de dichas rocas.

En general poseen colores, en húmedo, que varían entre marrón grisáceo muy oscuro, negro y marrón oscuro; las texturas más frecuentes son francas, franco limosa y franco arcillo limosa; en ocasiones ocurren franco arcillo arenosa.

La estructura comúnmente, es blocosa subangular, con grado de desarrollo débil, y tamaño medio a muy fino. (C.V.G. TECMIN, 1991).

La permeabilidad se estima moderada a rápida, en la mayor parte del perfil, comúnmente son suelo imperfectamente drenado y en algunos caso moderadamente bien drenados.

Los suelos ubicado dentro del paisaje del lomerío, generalmente, están asociado a una proporción de afloramientos rocoso (>50%) sobre todo hacia los tope y parte media.

En la peniplanicies y planicie los suelos son mas profundo y no presenta fragmento grueso.

La clase de drenaje es considerada bien drenada. Comúnmente los suelos desarrollados sobre paisaje de peniplanicies y planicie, poseen un mayor espesor del horizonte A (20 cm-345 cm) y presentan el horizonte B. (C.V.G. TECMIN, 1991).

2.3.5 Vegetación

El área de estudio está constituida casi en su totalidad por plantas herbáceas, asociadas a matorrales y chaparrales, bosques bajos, medios y arbustales. También se encuentran en condiciones edáficas particulares bosques de galería.

En la zona se desarrollan varios tipos de vegetación, la cual varía en cada uno de los afloramientos existentes; como son la vegetación de sabana, bosques de galería y sabana arbolada. (C.V.G. TECMIN, 1991).

La vegetación del área de estudio fue clasificada en tres grupos fisiológicos, los cuales pueden ser perfectamente establecidos: el grupo de vegetación alta, ubicada en las zonas más húmedas, y en los drenajes; el grupo fisiológico presente en las sabanas y rocas graníticas meteorizadas y fracturadas, relativamente pobres, con pocas especies, y sin duda alguna el más abundante; y el escaso grupo de plantas, esencialmente de carácter cactáceo, presente sobre los domos graníticos.

Los bosques de galería se encuentran formando una asociación edáfica, siempre verde, creciendo a orillas del curso de agua (márgenes y áreas de influencia freática), con sus raíces en la zona de saturación de humedad o cerca de ella.

Estructuralmente se caracteriza por ser de baja a mediana altura y mediana a densa cobertura, se observan morichales. Por otro lado, la vegetación de sabana se presenta en los valles y en algunas colinas bajas; caracterizada por gramíneas, chaparros y algunos arbustos. (C.V.G. TECMIN, 1991).

En la zona donde se ubican los afloramientos, la vegetación está caracterizada por ser de media a poca densa; dejando al descubierto casi en su totalidad los domos graníticos. (C.V.G. TECMIN, 1991).

Ciertamente, la presencia de suelos extremadamente ácidos, muy ricos en sílice, originados a partir de la lenta meteorización de los granitos, y la ausencia de nutrientes y niveles edafológicos orgánicos, ha hecho que la vegetación en las sabanas y en los domos graníticos sea pobre. (C.V.G. TECMIN, 1991).

2.4 Geología Regional

El basamento geológico del Estado Bolívar lo constituye el Escudo de Guayana, de gran estabilidad tectónica, presentado formas de relieve variadas y complejas, la altitud media es de 400 m.s.n.m., aproximadamente, con un declive generalizado de sur a norte. (Atlas Práctico de Venezuela 1991).

El Escudo de Guayana constituye el 45% de la superficie territorial total (423.000Km²) y se extiende al Sur del río Orinoco hasta las fronteras de Guyana al Este y Brasil y Colombia de Sureste a Suroeste. Es la región minera por excelencia, con placeres auríferos y diamantíferos y grandes reservas de hierro. (PDVSA-Intevp, 1997).

El Escudo Guayanés tiene forma oval y su expresión septentrional se encuentra en Venezuela al Sur del curso del río Orinoco, mientras que su parte meridional se adentra en Colombia, Brasil, Guyana, Surinam y la Guayana Francesa.

En la parte venezolana comprende rocas arqueozoicas y proterozoicas de muy diversas litologías, alteradas en mayor o menor escala durante una serie de episodios geotectónico mayores. (González de Juana, 1980).

El Macizo de Guayana en Venezuela esta bordeado en sus partes Norte y Oeste por una zona de topografía baja, de menos de 100 metros de elevación. En ella se destacan las porciones boscosas del delta del Orinoco al Noreste y la Caciquire al

Sureste. En el resto del área se observan restos de penillanuras a los 500 metros y a los 100 metros, dentro de esta última se destacan restos de erosión de hasta de 2800 metros de elevación. Sobre estos detalles cincelo sus valles el drenaje de las hoyas hidrográficas del Orinoco y del Cuyuní. Las elevaciones por encima de los 1000 metros están sostenidas por rocas del llamado Complejo Granítico y del Grupo Roraima. (PDVSA-Intevep, 1997).

Cuatro provincias geológicas conforman el Escudo de Guayana en Venezuela, a saber: Imataca (cinturón granulítico), Pastora (cinturón de rocas verdes, CRV), Cuchivero-Amazonas (granitos de 1800 M. a.± 200 M. a. y granitos post-tectónicos de 1500 M. a.) y Roraima (cobertura sedimentaria discordantes sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora y Cuchivero). (Mendoza, V. 2000).

2.4.1 Provincia de Imataca

La Provincia de Imataca se extiende en dirección Suroeste (SW) - Noreste (NE) desde las proximidades del Río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección Noroeste (NW) – Sureste (SE) aflora desde el curso del Río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Kms y 80 Kms, respectivamente. No hay razones para que Imataca no se extienda al Norte del Orinoco, ni al Oeste del río Caura, y por supuesto en tiempos pre-disrupción de la Pangea a África Occidental. (Mendoza, V. 2000).

2.4.1.1 Litología

Está conformada 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), dolomitas, charnockitas, anortositas y granitos intrusivos más jóvenes y de remanentes

erosionales menos metamorfizados y más jóvenes CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona). (Mendoza, V. 2000). (Tabla 2.1).

Sobre el Complejo de Imataca se observan remanentes erosionales de Cinturón de Rocas Verdes (CRV) similares y correlacionados con los de la región de El Callao. El CRV de la Esperanza lo representa el Grupo Real Corona con basandesitas tipo El Callao y por anfibolitas similares a las del Grupo Carichapo bajo el nombre de Anfibolita de Danta. La Anfibolita de Danta, con tendencia NE, paralela a la Falla de Guri, se extiende hasta Río Claro en el río Caroní, donde se le da el nombre de Anfibolita de Río Claro (Mendoza, V 2000).

Kalliokoski, en Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997); introdujo el nombre de Anfibolita de Danta para designar la sección anfibolítica basal de su Serie Real Corona (hoy Grupo), expuesta en el Cerro Danta. La roca es una anfibolita de grano fino a medio y color verde, con andesina y cuarzo, sin epidoto ni clorita; con estructuras locales que pueden presentar almohadillas o brechas con estructuras deformadas de flujo, la unidad exhibe buena lineación mineral, el anfíbol es hornablenda con excelente lineación. Las anfibolitas tienen mineralización dispersa de sulfuros de hierro y escasa mineralización aurífera. Según el mismo autor su edad es Precámbrico, se correlaciona con la Anfibolita de Río Claro y con la Formación El Torno.

2.4.1.2 Metamorfismo

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 Kb, equivalentes a menos de 30 Km de presión de roca), hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas

graníticas, con gránate–cordierítica-sillimanita (que implican temperaturas de 650 – 750 °C y presiones de 4 a 7 Kb, o sea menores de 20 Km de espesor de rocas). Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan (Mendoza, V 1.974 en Mendoza, V 2005), como evolucionados primitivos CRV y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfismo retrógrado. (Mendoza, V. 2000).

2.4.1.3 Ambiente tectónico

Ascanio, 1.975 en Mendoza, V. (2000), postuló que la parte del Complejo de Imataca está formada 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 como de La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar. (Rodríguez, 1.997 en Mendoza, 2000). (Figura 2.3) (Tabla 2.1).

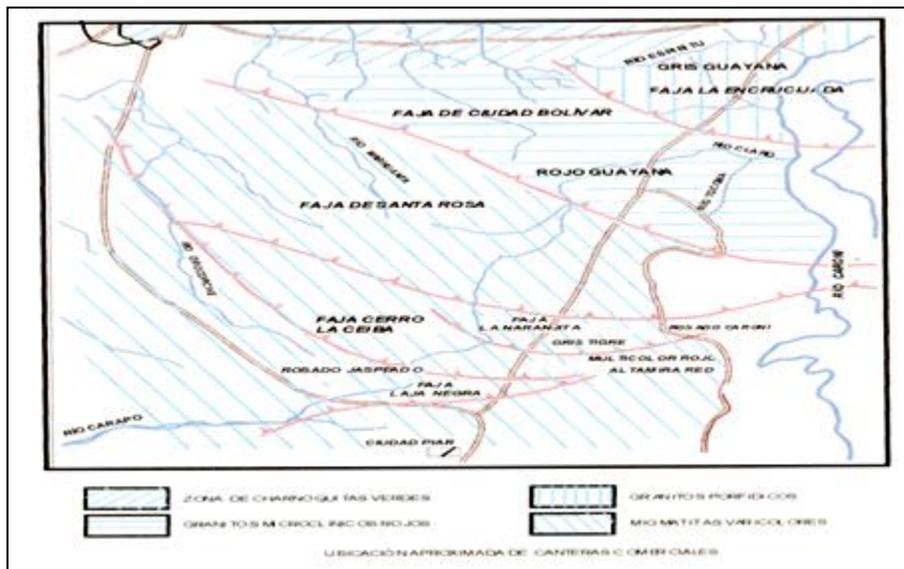


Figura 2.3 Relación entre las Fajas tecto – litológicas y yacimiento granitos ornamentales, Bolívar Norcentral, Venezuela. (Mendoza, 2005).

Tabla 2.1 Promedio de la composición química de las rocas del Complejo de Imataca. 1. Granulitas félsicas ácidas rojas; 2. Granulitas félsicas ácidas verdes; 3. Gneises graníticos, 4. Granulitas félsicas intermedias; 5. Granulitas Hornablenditas máficas, 6. Anfibolitas, 7. Granulitas Biotíticas máficas. Dougan en Mendoza, V. (2000).

PROMEDIO DE COMPOSICION QUIMICA DE ROCAS DEL COMPLEJO DE IMATACA								
		1	2	3	4	5	6	7
O X I D O S % Enpeso	SiO ₂	72,29	72,88	70,47	61,36	50,62	51,05	49,69
	TiO ₂	0,19	0,16	0,28	0,59	1,23	1,39	1,12
	FeO	1,12	1,19	1,45	6,08	13,41	13,15	13,52
	MnO	0,027	0,034	0,042	0,088	0,188	0,197	0,169
	MgO	0,4	0,47	0,33	2,68	7,19	6,6	6,89
	CaO	1,49	0,99	0,67	5,27	11,47	11,49	9,21
	K ₂ O	4,5	4,15	5,56	2,07	0,49	0,51	1,97
	Na ₂ O	4,26	5,19	4,69	3,82	1,35	1,39	2,46
	P ₂ O ₅	0,081	0,139	0,101	0,254	0,402	0,392	0,92
E L E M E N T O S T R A Z A	Ba	655	589	884	412	74	120	466
	Co	3	6	4	25	67	48	55
	Cr	8	13	12	271	469	168	663
	Cu	8	27	6	34	86	80	128
	Li	32	22	34	18	12	13	9
	Ni	3	5	7	47	244	47	137
	Pb	27	25	28	21	16	17	21
	Rb	127	81	142	37	8	11	123
	Sr	95	158	141	276	177	165	369
	V	13	10	21	65	146	173	136
	Zn	19	38	36	74	125	126	87
	Zr	285	301	260	242	135	145	149

2.4.1.4 Plegamientos

El plegamiento en la Provincia de Imataca es bien definido. Los pliegues en su mayoría, exhiben un plano axial de rumbo predominante Noroeste, aunque ocasionalmente muestran flexuras arqueándose hacia el Noreste. (Mendoza, 2005).

Ascanio (1.975), menciona que la Provincia de Imataca presenta anticlinales oscurecidos por la lenticuralidad de las formaciones de hierro que varían, en corta distancia, de 0-200 metros de espesor, constituyendo así uno de los sistemas de pliegues más importantes.

Los principales pliegues en el Complejo de Imataca son estructuras cerradas, no hay irregularidades aparentes o patrón en las culminaciones y depresiones de los pliegues que producen los cierres. El conocimiento de las estructuras principales es demasiado escaso para llegar a una conclusión en firme con respecto al origen de las depresiones y culminaciones. (Mendoza, 2005).

2.4.1.5 Contactos

El contacto inferior del Complejo de Imataca se desconoce, Aunque algunos autores como Kalliskoski, (1965) y Menéndez (1994) han especulado sobre la posibilidad de que el Complejo formó parte del basamento de la secuencia supracortial de los cinturones de rocas verdes, tanto de la Provincia Geológica de Pastora como de Imataca; no existe evidencia de campo alguna al respecto. El Complejo de Imataca alcanza dimensiones hectokilométricas, tanto en ancho, como en su extensión Este-Oeste. (Léxico Estratigráfico, 1997).

2.4.1.6 Edad

Martín Bellizzia (1968) en Mendoza (2005), reseñó las determinaciones radiométricas de edad efectuadas en rocas del Complejo de Imataca, por diferentes autores. Hurley y otros (1977), señalan edades más viejas que 3.000 m.a y quizás tan antiguas como 3.400 m.a, en base a datos Rb/Sr en roca total, obtenidas de muestras del sitio de la represa de Guri, representadas por rocas granulíticas. Las rocas de

Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial, originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas.

En cuanto a edades relativas se refiere, algunos de estos cuerpos como la Migmatita de La Ceiba, muestran edades del orden de 2.700 m.a. En muestras del Granito de La Encrucijada, Bellizzia (1968) en Mendoza (2005), determinó por Rb/Sr, edades de 2.153 m.a y 2.900 m.a y en una muestra tomada a siete (7) Km. al Oeste del borde de Este plutón se determinó una edad de 2.900 m.a por Rb/Sr.

2.4.1.7 Correlación

Según señala Ríos (1974) en Mendoza (2005), el Complejo de Imataca puede correlacionarse con las granulitas y gneises del Grupo Kanukú en Guyana, con las granulitas del río Falsino en Brasil, con el Grupo Adampada-Fallawatra, con las granulitas y rocas asociadas de las montañas Bakhuyts en Surinám y con la Serie Isla de Cayena de la Guayana Francesa.

2.4.1.8 Importancia económica

El Complejo de Imataca tiene importancia económica principalmente por su mineralización de hierro, caolín, manganeso y bauxita, así como también porque sus rocas sirven para la industria de la construcción como piedra triturada (agregado para concreto, balastro, etc.) y rocas ornamentales (pisos, fachadas, columnas, etc.). (Morales, 1999).

2.4.2 Formación Mesa

Se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas); sin embargo, se encuentran algunos afloramientos en los

estados Sucre y Bolívar (inmediatamente al Sur del río Orinoco). (PDVSA-Intevep, op. cit). (Figura 2.4).



Figura 2.4 Extensión geográfica de la Formación Mesa (PDVSA - Intevep, 1.999 - 2.001).

2.4.2.1 Litología

Consiste en arenas, algunas de grano grueso con gravas, de color blanco a gris, amarillentas, rojo y púrpura, algunas compactadas con cemento ferruginoso, muy duras, con estratificación cruzada. Conglomerados de color rojo a casi negro, algunos con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 15 cm de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo. Arcillas, de color gris, rojo y amarillo intenso, algunas moteadas, abigarradas y en lentes discontinuos de arcilla arenosa y lentes de limonita. (González de Juana, 1.946 y Furrer y Castro, 1.997; en PDVSA-Intevep, op. cit).

Los sedimentos de la Formación Mesa gradan de Norte a Sur de más grueso a más fino al alejarse de las cadenas montañosas del Norte, y de más fino a más grueso,

desde la parte central de Monagas hasta el macizo de Guayana (PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.2 Espesor

Es muy variable, pero en términos generales disminuye de Norte a Sur como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvial y deltaica, y aumenta de Oeste a Este por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana et al, 1.980; en PDVSA-Intevep, op. cit)

Su espesor máximo puede llegar a alcanzar los 275 metros, mientras que en el estado Bolívar puede sobrepasar los 80 metros (PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.3 Contactos

En el estado Bolívar la Formación Mesa suprayace, en posición discordante y sobre una superficie irregular, a las rocas del Complejo de Imataca. Esta formación se encuentra acuñándose en el escudo de Guayana en una faja angosta paralela al río Orocopiche, en la zona comprendida en los alrededores de ciudad Bolívar entre el río Candelaria y el río Aro que se va haciendo más delgada y se encuentran espesores menores a 100 metros (PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.4 Fósiles

En la formación se han encontrado fósiles de agua dulce asociados con arcillas ligníticas y restos de madera silicificada (xilópalo y sílex xiloideo) (González de Juana et al, op. cit; en PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.5 Edad

Se ha postulado una edad del Pleistoceno para la Formación Mesa (PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.6 Correlación

Los sedimentos de la Formación Mesa gradan hacia el Este a sedimentos de la Formación Paria. (PDVSA-Intevep, op. cit).

2.4.2.7 Paleoambientes

La Formación Mesa se interpreta como producto de un extenso delta que avanzó hacia el Este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco, depositando secuencias fluviales, deltaicas y paludales. El relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de granos muy gruesos, mientras que desde el Sur el aporte principal fue de arenas. En la zona central se desarrollaron grandes ciénagas (González de Juana, 1.946; en PDVSA-Intevep, op. cit). Los sedimentos de la formación representan depósitos torrenciales y aluviales contemporáneos con un levantamiento de la Serranía del Interior. (Coplanarh; 1.974; en PDVSA-Intevep, op. cit).

2.5 Geología local

En el sector Tenteduro afloran rocas sedimentarias de la Formación Mesa la cual se encuentran discordantemente sobre rocas del Complejo de Imataca. El Complejo de Imataca constituye parte de la Faja de la Encrucijada descrita por Ascanio (1975). Allí se localizan migmatitas cuarzo monzoníticas, de color gris algo rosáceo, inequigranular, de grano grueso.

2.5.1 Provincia de Imataca

A lo lejos, alrededor de los afloramientos se observan colinas desnudas redondeadas que son las formas topográficas dominantes que producen estas rocas graníticas, cuando tienen textura granular. En cambio producen colinas alargadas cubiertas de vegetación cuando tienen textura gnéisica y cuando están intercaladas con formaciones de hierro. (Ascanio, 1975).

Según estudios petrográficos, estos gneises y rocas graníticas contienen: Cuarzo 10% a 30%, microclino 40% a 65%, plagioclasa 10% a 30%, biotita 3% a 10%, piroxeno 3% a 10%, anfíbol 3% a 10%.

En el sector Sitio Río Lindero se observan intercalaciones de formación de hierro con anfíbolitas y con gneises rosados, grises y blancos. El mineral verde claro que se observa es nontronita, mineral de arcilla producto de meteorización de la anfíbolita.

La Formación Mesa constituye en rasgos regionales grandes depósitos de arena, arcilla arenosa rojiza y caolín, el cual se ubica en el sector Santa Fe.

Cubren un área de 50000 Km². al sur de la Provincia de Imataca, con la cual está en contacto de falla (Falla de Gurí principalmente) y se extiende hacia el este y sureste en el Escudo fuera de Venezuela. La Orogénesis Trans-Amazónica fue el mayor ciclo de metamorfismo, deformación y actividad magmática que ocurrió en el Escudo de Guayana durante el Proterozoico Inferior (2150 y 1960 Ma.) y continuó posiblemente hasta hace 1730 Ma. Ese largo período presenta dos episodios orogénicos distintos: un evento predominante colisional y metamórfico, acompañado de actividad magmática intrusiva, desde 2150 -1960 Ma.

Macrosópicamente los afloramientos están constituidos por una roca dura, homogénea, de grano medio y color gris, textura fanerítica y evidencia de metamorfismo, y ha sido clasificada como roca ígnea plutónica.

2.5.2 Formación Mesa

La Formación Mesa ocupa aproximadamente un 20% del área de estudio, la cual se depositó de manera discordante sobre una superficie irregular de rocas Precámbricas. (Léxico Estratigráfico, 1997).

Según Yáñez, G. en su trabajo “Geomorfología del área entre Ciudad Bolívar y Ciudad Guayana”, el área se encuentra enmarcada por los sedimentos no consolidados que constituyen la Formación Mesa encontrándose discordante con el Complejo de Imataca, tal como se muestra en la columna estratigráfica establecida por Carrasco en 1985. (Figura 2.5).

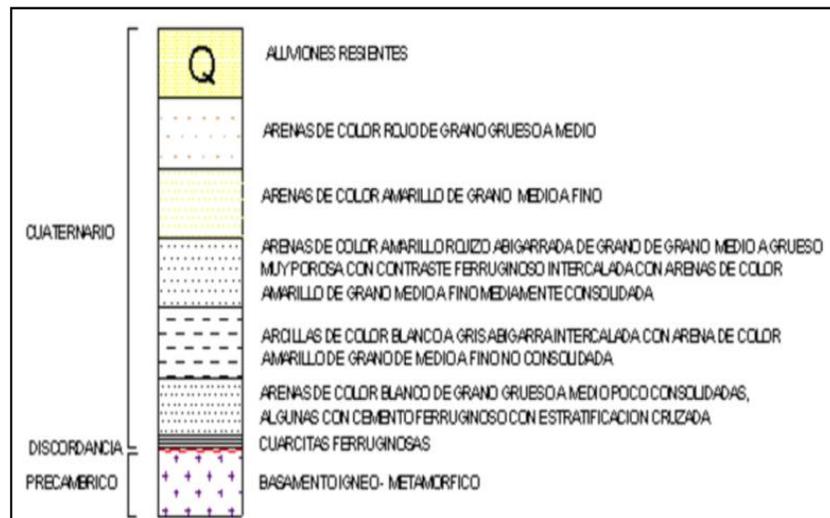


Figura 2.5 Columna estratigráfica de la Formación Mesa. (Carrasco G. 1985).

2.5.3 Sedimentos recientes

Los sedimentos recientes componen el 5% de área de la zona de estudio; los suelos residuales presentes en el área son producto de la alteración de las rocas Precámbricas aflorantes. (Léxico Estratigráfico, 1997).

La mayoría de estas rocas, además de tener origen en los sucesivos cambios que han afectado a esta zona a través de la historia geológica, lo cual ha dejado rastro en la presencia de material sedimentario de grano fino, medio, grueso y a veces hasta pisolitas de hierro de color rojizo, redondeadas con oquedades producto de la acción erosiva que ha afectado al área de estudio, probablemente son la parte aluvional de las quebradas presentes en la zona. (Mendoza, 2005).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Basados en investigaciones realizadas por C.V.G. TECMIN, de la hoja NB20-14, el cual consta del análisis e interpretación geológica, geomorfológica, estudio climático, suelo y vegetación; en que se describieron las distintas unidades litológica, distintos relieve dominante en la zona, la distribución de las clase de suelo, las estaciones climática que se interfiere en el área y tipos de vegetación que se realizó en 1986-1991.

Se logró adquirir una orientación previa en cuanto a la accesibilidad, el clima, temperatura, suelo, fauna, vegetación, geomorfología, así como otros aspectos relevantes en la zona. Es importante destacar que las observaciones en campo contribuyeron a verificar estos datos.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Magma

Una roca ígnea se forma de un magma, mezcla de los ingredientes químicos de silicatos a alta temperatura. Normalmente incluye sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso. Una gran proporción de la mayoría de magmas consiste en un líquido caliente, o mezcla fundida, cuya presencia se debe a que la temperatura del magma se encuentra por encima de los puntos de fusión de determinados componentes del mismo. (Whitten y Brooks, 1972).

En esta mezcla fundida, los iones metálicos se mueven más o menos libremente, sin estar organizados en estructuras reticulares cristalinas.

En la mayoría de los magmas se encuentran suspendidos en la mezcla fundida algunos cristales minerales formados durante fases previas de enfriamiento de magma. Si la proporción entre cristales suspendidos y material líquido es alta ello imprime al magma algunas de las propiedades físicas de un sólido. Además de líquidos y sólidos contiene diversos gases disueltos en la mezcla fundida. (Strahler, 1987).

El magma puede formarse por la fusión de roca sólida en determinadas zonas de profundidad en la astenósfera. Pruebas proporcionadas por ondas sísmicas, indican que el manto se encuentra en las condiciones más cercanas a las de su punto de fusión a profundidades de 100 a 200 km. Se supone que sólo una porción pequeña del material del manto está fundida, lo demás está en estado sólido. Éste estado se llama fusión parcial. La porción fundida es un líquido menos denso en comparación con la porción sólida. Por consiguiente, tiende a ascender a la corteza terrestre concentrándose en cámaras magmáticas a profundidades menores. (Smith, 1999). (Figura 3.1).

En la formación del magma la presión juega un papel importante. Cada mineral tiene su propio punto de fusión para un ambiente dado. Hacia el interior de la tierra, la presión de confinamiento a la que toda roca está sujeta, aumenta continuamente bajo la carga de la capa rocosa suprayacente. Un aumento de la presión provoca que aumente la temperatura del punto de fusión de un mineral o roca dados. (Strahler, 1987).

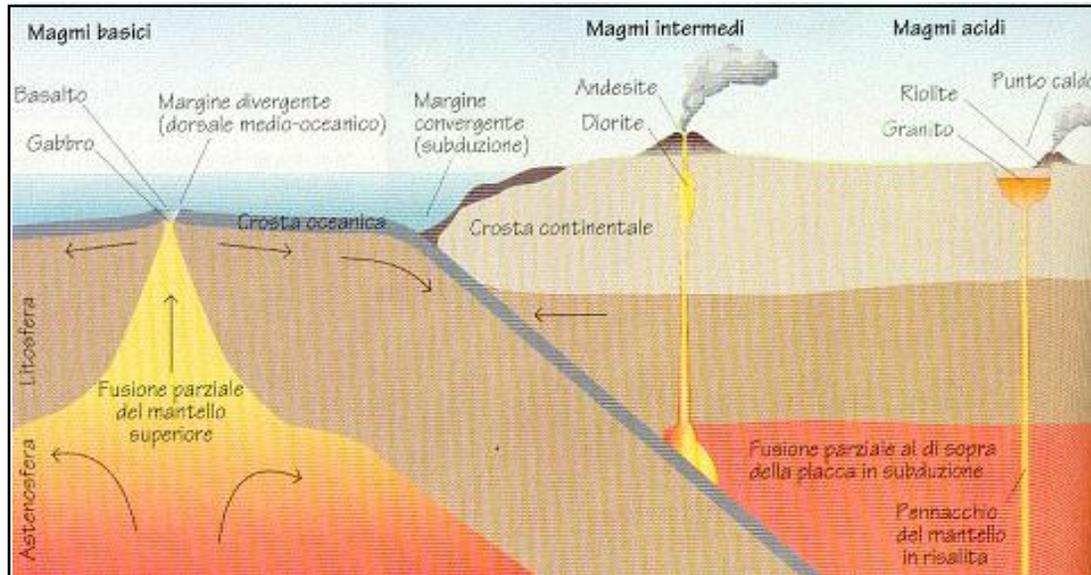


Figura 3.1 Fusión parcial del magma y sus tipos. (Tarbuck, 2006).

3.2.2 Serie de reacción de Bowen

Se conoce como serie de Bowen a una serie de reacción completa, que se originara durante la cristalización de un magma de silicatos de composición cortical media. La serie completa consiste en dos ramas convergentes de reacciones, de las cuales una es continua y la otra discontinua. (Heinrich, 1978).

Los minerales máficos siguen la serie de reacción discontinua, empezando por el olivino y terminando por la mica biotita. Los feldespatos siguen una serie continua, en que la plagioclasa cálcica se forma aproximadamente al mismo tiempo que el olivino, mientras que la plagioclasa alcalina se forma más o menos al mismo tiempo que los anfíboles y la mica biotita. Los minerales félsicos muy silícicos, feldespato potásico, mica muscovita y cuarzo, generalmente son los últimos en cristalizar, los de temperatura más baja. (Heinrich, 1978).

3.2.3 Rocas ígneas

El magmatismo conduce a la formación de las rocas ígneas, las cuales son las más abundantes dentro de la corteza. Una roca ígnea proviene de la solidificación del magma al ascender a las capas superiores, a través de fracturas de la corteza. (Whitten y Brooks, 1972).

Según las condiciones bajo las que el magma se enfríe, las rocas que resultan pueden tener granulados gruesos o finos. La composición química del magma (y por ello, la de la roca formada a sus expensas) será función de la composición química de la roca de partida y el grado de fusión parcial.

La fusión parcial puede ser concebida como un proceso de destilación fraccionada, en la que una roca se ve sometida a un aumento gradual de la temperatura circundante hasta que se alcanza el punto de fusión de uno o más de sus componentes.

De esta manera se logra un "líquido" con la composición química de las fases minerales de menor punto de fusión y un residuo refractario (restita). El líquido formado (magma) podrá moverse hacia otra posición distinta a la de su área fuente (deslocalizarse) si las condiciones de presión confinante, permeabilidad del medio y grado de fusión se lo permiten.

La forma de ascenso del magma desde su área fuente (por lo general la base de la corteza o la interface corteza - manto) hasta su lugar de emplazamiento ha sido sujeto de discusión, llegando a varios modelos conceptuales.

Sin embargo, todas tienen en común la presencia de estructuras profundas (cámaras magmáticas) de diverso tamaño y geometría; estructuras superficiales en

forma de diques, filones o sills; y estructuras superficiales o volcánicas (derrames de lava, coladas, conos volcánicos, domos, etc.). De esta manera un mismo magma podrá emplazarse en distintos "ambientes geológicos" o profundidades.

El resultado serán rocas con igual composición química e idéntica mineralogía, pero con texturas diferentes.

Las rocas plutónicas o intrusivas fueron formadas a partir de un enfriamiento lento y en profundidad del magma. Las rocas se enfriaron muy despacio, permitiendo así el crecimiento de grandes cristales de minerales, los cuales suelen ser lo suficientemente grandes para ser identificados a simple vista. Ejemplos: granito y sienita.

Las rocas volcánicas o extrusivas, se forman por el enfriamiento rápido y en superficie, o cerca de ella, del magma. Se formaron al ascender magma fundido desde las profundidades llenando grietas próximas a la superficie, o al emerger magma a través de los volcanes. El enfriamiento y la solidificación posteriores fueron muy rápidos, dando como resultado la formación de minerales con grano fino o de rocas parecidas al vidrio. Ejemplos: basalto

Existe una correspondencia mineralógica entre las rocas plutónicas y volcánicas, de forma que la riolita y el granito tienen la misma composición, así como el gabro y el basalto. Sin embargo, la textura y el aspecto de las rocas plutónicas y volcánicas son diferentes. En la tabla 3.1 se observan ejemplos de la correspondencia mineralógica entre las rocas ígneas.

Las rocas ígneas se distribuyen inhomogéneamente en la corteza terrestre. Las rocas ácidas y básicas se mantienen separadas, no solamente en su ambiente de generación, (magmas basálticos en dorsales meso-oceánicas y magmas graníticos en

zonas de subducción) sino también en su forma de yacencia, Whitten y Brooks (1972).

Los basaltos (equivalente extrusivo de los gabros) son las rocas básicas más comunes en la superficie de nuestro planeta, mientras que los granitos (equivalentes plutónicos de las riolitas) son las rocas ácidas que predominan en la Tierra. La composición química promedio de la corteza continental se sitúa entorno a la granodiorita. (Smith, 1999).

3.2.4 Clasificación de las rocas ígneas

Un sistema ideal de clasificación de las rocas ígneas sería aquel que diera la mayor cantidad de información sobre texturas, composición, forma de aparición, etc. Actualmente, las clasificaciones más utilizadas son las descriptivas, las químicas (estiman la concentración de elementos u óxidos) y las modales (basadas en la proporción de las fases minerales presentes en la roca. (Heinrich, 1978).

3.2.4.1 Clasificación descriptiva

Son aquellas descripciones basadas interpretación de las características de la roca. Entre estas características tenemos:

- **Tamaño de grano de la roca:** el tamaño de los cristales minerales de una roca ígnea, depende en gran parte de la velocidad de enfriamiento del magma en las etapas de cristalización, y da lugar a dos tipos de textura:

- **Fanerítica:** los cristales se reconocen a simple vista, y poseen diámetros comprendidos entre 0,05 mm y más de 10 mm, es típica de las rocas plutónicas. (Heinrich, 1978).
- **Afanítica:** no se reconocen los cristales por su pequeño tamaño

(diámetro de las partículas menor de 0,05 mm), típica de las rocas volcánicas. (Heinrich, 1978).

- Color: el color se identifica mediante el llamado índice de coloración ($M' =$ porcentaje en minerales máficos o ferromagnesianos):

$M' = 0 - 35\%$ Leucocrática.

$M' = 35 - 65\%$ Mesocrática.

$M' = 65 - 90\%$ Melanocrática.

$M' = 90 - 100\%$ Ultramáfica.

- Fábrica: las clasificaciones basadas en el conjunto de propiedades estructurales y texturales, (fábrica de rocas ígneas) se utilizan para discriminar el carácter plutónico, volcánico o filoniano de la roca. Los criterios seguidos para las distintas clasificaciones son: grado de cristalinidad, tamaño relativo de los cristales y formas de éstos. La textura más característica de las rocas plutónicas es la textura cristalina propiamente dicha, que corresponde a rocas que se han formado en ambientes de estabilidad dinámica, y con tiempo suficiente para producirse una cristalización en forma homogénea. (Figura 3.2).

En algunos casos, generalmente ligados a rocas filonianas (pegmatitas, aplitas, etc) pueden aparecer texturas porfidíticas, es decir, con algunos cristales de mayor tamaño que el resto. Al tratarse de rocas plutónicas, que en teoría podrían estar en tránsito a rocas volcánicas, las rocas filonianas pueden presentar todas las texturas intermedias y extremas entre rocas plutónicas y volcánicas.

Para clasificar este tipo de rocas filoniana se utilizan terminologías que son en función del tamaño del cristal, como por ejemplo, los términos aplita o texturas

aplíticas que se aplican a rocas homogéneas de pequeño tamaño de cristal y el de pegmatita para rocas que posean gran tamaño de cristal (macrocrystalinas).



Figura 3.2 Clasificación textural de las rocas ígneas. (Heinrich, 1978).

3.2.4.2 Clasificación química

Una de las clasificaciones más utilizadas se basa en el porcentaje en peso de SiO_2 de la roca. (Heinrich, 1978).

Todas las rocas ígneas pueden ser clasificadas en base a su quimismo, aunque este criterio es especialmente apto para aquellas de grano muy fino (afaníticas) o vítreas, para las cuales la mineralogía es imposible de definir. Esta clasificación es la siguiente:

- $\text{SiO}_2 < 45\%$ (Ultrabásicas): suelen ser rocas muy densas de color oscuro (peridotita). El color depende de la cantidad de minerales ferromagnesianos que aparezcan.

- $45\% < \text{SiO}_2 < 52\%$ (Básica): rocas densas y bastante oscuras (basaltos y gabros).

- $\text{SiO}_2 > 66\%$ (Ácida): son generalmente rocas claras y poco densas.

3.2.4.3 Clasificación modal

La clasificación se realiza a partir de las proporciones volumétricas de las distintas fases minerales en las rocas. Habiéndose establecido arbitrariamente una serie de límites entre clases de rocas ígneas. (Heinrich, 1978).

Estos límites fueron propuestos por A.L Streekeisen, y los diagramas que más se utilizan (QAPF); se basan en los minerales:

- Q = cuarzo, tridimita y cristobalita.
- A = feldespatos alcalinos, incluyendo albita hasta An_5 .
- P = plagioclasa del rango $\text{An}_5 - \text{An}_{100}$.
- F = felespatoides, incluyen nefelina, cancrinita y analcima. Este grupo de minerales suele aparecer en magmas pobres en sílice y son incompatibles genéticamente con minerales del grupo de la sílice (Q); cuarzo y feldespatoides no pueden existir en equilibrio.

3.2.5 Planos Geológicos

La mayoría las rocas de la corteza terrestre muestran varios tipos de planos geológicos. Existen en general dos tipos de planos, uno llamado Foliaciones primarias que tienen su origen antes de la litificación, es decir durante la deposición. Ejemplos: Estratos, Flujo magmático y foliaciones secundarias que tienen su origen después de la litificación: Todos los planos cuales se han formado a causa de fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. Ejemplos: Diaclasas, Fallas. Para definir la

orientación de un plano (estrato, falla, diaclasa) en la naturaleza matemáticamente se usan el rumbo, la dirección de inclinación y el buzamiento. (Iriondo, 2007).

3.2.5.1 Dirección de inclinación

La dirección de inclinación (ingl. Dip Dirección) marca hacia donde se inclina el plano, o la proyección horizontal de la línea del máximo pendiente. (Iriondo, 2007).

3.2.5.2 Rumbo

El rumbo (o dirección) se puede definir como línea que resulta por la intersección del plano geológico por un plano horizontal. (Iriondo, 2007).

3.2.5.3 Falla Geológica

Las fallas son roturas en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar un movimiento, este reconocimiento de fallas o movimiento se llama desplazamiento. (Iriondo, 2007) (Tabla 3.1).

El origen de estos movimientos son fuerzas tectónicas en la corteza terrestre, cuales provocan roturas en la litosfera. Las fuerzas tectónicas tienen su origen principalmente en el movimiento de los continentes.

Materiales frágiles muestran con aplicación de una fuerza al primero solo una deformación elástica. (Deformación elástica: El material vuelve a su estado original). Con mayores fuerzas estos materiales se rompen sin mostrar una deformación plástica.

Tabla 3.1 Tipos de fallas. (Iriondo, 2007).

Fallas Verticales - Subverticales					
Fallas con desplazamiento vertical				Falla con desplazamiento horizontal	
				Fallas de rumbo	
Fallas normales		Fallas inversas		Sentido sinistral	Sentido dextral
Normal homotética	Normal antetética	Inversa homotética	Inversa antetética		

3.2.6 Teledetección

La teledetección es la técnica que se define como la captación de las características físicas de la superficie terrestre, basada en mediciones de radiación reflejada y emitida de cada componente de esa superficie.

Las imágenes registradas desde satélite proporcionan una información muy útil en los trabajos de cartografía geológica debido a la visión sinóptica de grandes áreas en idénticas condiciones de iluminación, especialmente en la detección de estructuras y accidentes de dimensiones regionales. Los avances tecnológicos mejoraron la resolución espacial y la visión estereoscópica de los sensores satélites, permitiendo realizar una interpretación más precisa en cartografías a mayores escalas.

Las pendientes de las curvas de reflectividad y la posición de los rasgos de absorción en el visible e infrarrojo de estos minerales, permiten caracterizar la respuesta espectral de las rocas que los contienen, cuya detección es crítica en exploración geológica minera.

3.2.7 Sensores remotos

Los sensores remotos son instrumentos para captar información de un objeto a distancia (remote sensor).

El carácter multiespectral y digital de la información registrada por los sensores remotos dio lugar a los estudios espectrales que permiten discriminar determinadas litologías. Los datos multiespectrales proporcionan una información muy útil para establecer diferencias en suelos y rocas en base a su composición mineralógica, como; detección de arcillas, de materiales limoníticos y de carbonatos.

3.2.8 Procesamientos de datos satelitales

Los datos satelitales permiten una rápida interpretación visual, ya que abarcan amplias áreas de territorio en forma continua. Los sensores multiespectrales tienen la capacidad de captar la superficie terrestre en diferentes rangos de frecuencia o longitud de onda (bandas) del espectro electromagnético; esto permite la discriminación de los diferentes materiales y visualizar su distribución areal. Las distintas bandas de un sistema multiespectral tienen la posibilidad de ser transformados a diferentes sistemas de proyección cartográfica, de acuerdo a las necesidades del usuario y también pueden ser incorporadas a un sistema de información geográfica (SIG).

Utilizando programas informáticos específicos, en la Unidad Sensores Remotos y SIG se realiza el procesamiento de datos satelitales, principalmente para la cartografía geológica, la prospección de yacimientos minerales, identificación de diferentes tipos de rocas, determinación de rasgos morfo-estructurales, identificación de drenaje, infraestructura, topografía, pendientes, etc.

3.2.9 La interpretación de sensores remotos y fotos aéreas para un amplio rango de aplicaciones que incluyen

- Mapas geomorfológicos y estructurales.
- Estudios hidrogeológicos.
- Caracterización de karst.
- Mapeo de lineamientos y estructuras para el desarrollo de recursos hídricos.
- Evaluación de drenajes de cuencas para el desarrollo de recursos hídricos.
- Uso del territorio, cobertura vegetal y suelos.
- Estimación y monitoreo de estabilidad de pendientes y "bank", erosión y transporte de sedimentos.
- Uso histórico del territorio.
- Caracterización inmobiliaria de sitios.
- Riesgos geológicos.
- Medida de la extensión de inundaciones y otros desastres naturales.
- Caracterización de cruce de ríos.
- Estudios para rutas de tuberías y "power transmission corridors".
- Exploración minera / hidrocarburos.
- Valoraciones ambientales.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno, pudiendo ser descriptivo, exploratorio o explicativo (Hurtado Barrera, 2000).

De acuerdo al objetivo general y los objetivos específicos planteados se puede definir que el nivel de esta investigación del tipo descriptivo, ya que se describen los fenómenos tal y como se encuentran en su ambiente natural, Exploratorio ya que para el desarrollo óptimo de cada objetivo planteado se llevó a cabo las respectivas visitas a campo.

4.2 Diseño de la investigación

“El diseño de la investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, la cual puede ser de tres tipos: a) documental, b) de campo y c) experimental”. (Hurtado de Barrera, 2009).

El diseño de esta investigación es de tipo documental y de campo, ya que es necesario efectuar consultas bibliográficas y adquirir datos provenientes de materiales impresos de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio, así como también realizar visitas a campo para llevar a cabo los diversos análisis en las áreas de estudio.

Con el propósito de cumplir con los objetivos planteados, se dividió el trabajo en cinco (5) etapas, abarcando desde la recopilación de información ya existente hasta

la interpretación de datos y elaboración del informe final. Durante la búsqueda y recopilación de toda la información disponible de las áreas a estudiar, se compilaron trabajos previos relacionados (trabajos de grado, informes técnicos, entre otros) provenientes de las fuentes documentales de la biblioteca de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar, la empresa Técnica Minera, (TECMIN), Internet, entre otros, lo que permitió conocer, discutir y reseñar los aspectos más resaltantes.

Identificados los objetivos a resolver se dispuso a realizar un esquema que resuma los diversos pasos a seguir para concluir dicho proyecto y/o investigación. Los pasos seguidos para la realización de esta investigación se presentan en la figura 4.1.

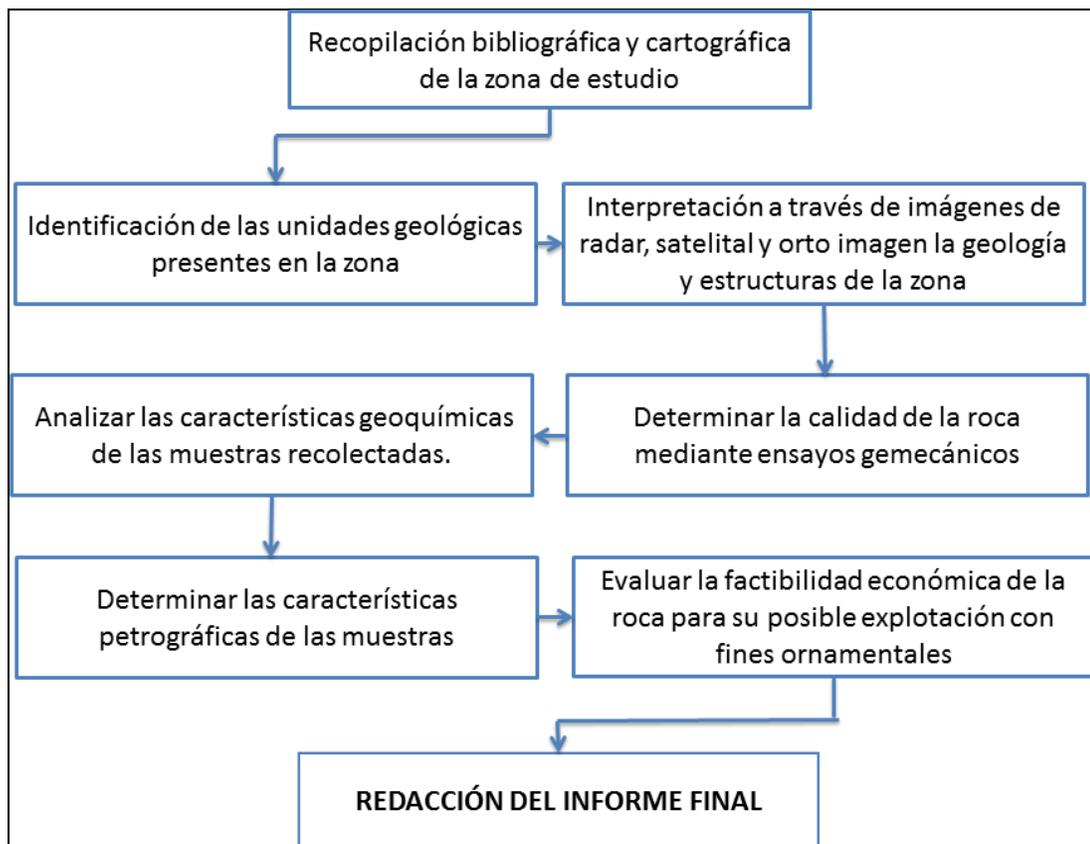


Figura 4.1 Flujograma de actividades.

4.3 Recopilación de la información

Esta fase se inició con la recopilación y análisis de toda la información geológica del área y de la roca a investigar. Se compilaron todos los datos existentes sobre la zona, tales como: trabajos previos en el área, libros de textos, trabajos de investigación sobre el tema, revistas, boletines y folletos geológicos, revisiones en la web, así como también las hojas cartográficas y de radar, fotografías aéreas, imágenes satelitales, planos topográficos y geológicos de la zona, necesarios para esta investigación, provenientes de las fuentes de documentación de la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar (UDO), del Instituto Autónomo Minas Bolívar (IAMIB), Instituto de Geología y Minería (INGEOMIN) y Técnica Minera (TECMIN).

Con la ayuda de los informes de avance de la hoja NC-20-14 de C.V.G – TECMIN (1991), se pudo obtener la información sobre los datos de geomorfología, vegetación, clima y suelo, para la caracterización físico-natural del área.

Asimismo, se utilizó como información básica, las ediciones cartográficas y fotografías aéreas proporcionadas por el IAMIB e INGEOMIN, para el desarrollo geológico de la investigación. Entre ellos tenemos:

1. Mapas de Cartografía Nacional: Hoja 7540-I-SE (escala 1:25.000).
2. Hoja de radar NC-20-14 (escala 1:250.000).
3. Mapa geológico de la hoja de radar NC-20-14 (escala 1:500.000).
4. Plano del Fundo Cooperativa Tenteduro a una escala 1:100000.
4. Mapas Geográficos Ornamentales de Bolívar Norcentral, Venezuela.
5. Fotografías Aéreas (1046 – 1047) pertenecientes al Proyecto 171, Zona 2, Hoja 4. Escala 1:50.000.

4.4 Identificación de las unidades geológicas del área

Se realizó una visita de campo a fin de confirmar la información aportada en los informes de avances de IAMIB e INGEOMIN con el fin de tomar las coordenadas del área, y constatar el tipo de vegetación, relieve y al ser ésta verificada, se procedió a describir dichas características y unidades geológicas que conforman el área en estudio.

4.5 Determinación de las características petrográficas de las muestras

Luego de realizar la toma de muestras en campo se escogieron las rocas para la preparación y se eligió el plano de corte, se cortaron las seleccionadas en forma de prismas con medidas de 4x3x1 cm utilizando la cortadora de disco adiamantado. Sobre la cara pulida de la muestras se pega a “el porta”, luego se realizó un primer corte al taco de 1 mm de espesor y posteriormente con la rectificadora se realiza un seundo corte al taco de muestra dejándolo aproximadamente a 300 um. Con el uso del carburo de silicio se redujo la muestra a 30 um finalizando este proceso se obtuvo las secciones delgadas listas para realizar el análisis petrográfico, este análisis se llevó a cabo con el uso de un microscopio petrográfico.

El análisis a cada una de las muestras seleccionadas, fue realizado por INGEOMIN.

4.6 Determinación la calidad de la roca mediante ensayos geomecánicos

Para la determinación de la calidad de la roca se realizaron varios cortes a 3 muestras con el propósito de obtener formas geométricas de las mismas, específicamente con las siguientes medidas 8 cubos de 5x5x5 cm., 4 rectángulos de 12x4x2, con el fin de determinar las características geomecánicas de las rocas para un

posible uso ornamental. Siendo realizados en los laboratorios de suelos de la Universidad de Oriente en la Escuela Ciencias de la Tierra. Las principales pruebas técnicas que se realizaron a las rocas graníticas, para demostrar sus características geomecánicas, son las siguientes:

4.6.1 Ensayo de compresión

Ensayo de compresión (UNE 22-176 – 85 en granitos): se obtienen las muestras en forma de cubos con medidas de 5x5x5 cm, se coloca en el plato debajo del pistón de presión en la máquina de compresión hidráulica, luego se aplica la fuerza axial hasta la ruptura del cubo, midiendo mediante un manómetro la fuerza ejercida sobre dicho cubo. Tomando la lectura de la fuerza ejercida al momento de ruptura y dividiéndola entre el área del cubo es la fórmula que nos permite obtener el esfuerzo de compresión.

Se lleva a cabo usando las probetas con forma cúbica de 5x5x5 cm. Aproximadamente y consiste en:

1) Medir cada uno de los lados de la probeta con la finalidad de calcular el área promedio en la cual se aplica la fuerza de compresión (área = lado x lado).

2) Se coloca la muestra en la máquina de compresión se le imprime presión a través de la bomba hidráulica manual hasta la ruptura de la roca. La medida de la fuerza se obtiene tomando la lectura en el manómetro al momento de la ruptura. (Figura 5.6).

1) Se procede a calcular la resistencia a la compresión con la fórmula:

$$F_c: \frac{\text{Fuerza (paso 2)}}{\text{Área (paso 1)}} \quad (4.1)$$

Dónde:

F_c= Fuerza de Comprensión.

4.6.2 Ensayo de flexión

El ensayo de flexión (Norma UNE 22-176-85), consiste en colocar una probeta sobre tres rodillos y cargar progresivamente la probeta por su mitad. Se mide la carga de rotura y se calcula la resistencia a la flexión.

El valor de resistencia flexión es necesario en algunas de las utilizaciones de mármoles y granitos cortados en placas, como por ejemplo dinteles de huecos y peldaños de escaleras. En algunos casos un elemento constructivo tiene que trabajar a flexión y por consiguiente se producirán tracciones en algunas de sus partes, si el material resiste mal las tracciones, si los esfuerzos que ha de soportar una placa son elevados o los apoyos están muy separados habrá que dotarla de un canto o espesor grande.

4.6.3 Ensayo de abrasión de los Ángeles

El ensayo de abrasión de los Ángeles (UNE 22-173-85 en granitos), fue el método utilizado para medir el desgaste de las muestras de rocas. A partir de este método podemos determinar la resistencia a la abrasión de los agregados gruesos, utilizando la máquina “Los Ángeles”. La carga abrasiva y la muestra para ensayo, depende del tamaño de los agregados y de su gradación, utilizando para ello; Mandarria, Tamiz de 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N° 12 ó 10, Balanza electrónica, 10 esferas de acero de aproximadamente 50mm de diámetro y entre 390 y 445 gr de peso y Máquina “Los Ángeles”. (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Clasificación de la roca de acuerdo a su porcentaje de desgaste por el método de abrasión de los ángeles. (Deere y Miller, 1963).

CLASIFICACIÓN	% DE DESGASTE (ϕ)
Muy alta	75-100
Alta	60-75
Media	35-60
Baja*	15-35
Muy baja*	0-15

4.6.4 Densidad de la roca

La densidad de una roca se determina a través de la fórmula

$$D = M/V \quad (4.2)$$

Dónde:

D= Densidad

M= Masa de la muestra

V= Volumen de la muestra

Debido a que se tenían rocas con formas geométricas regulares se puede determinar fácilmente el volumen de la roca. El procedimiento para realizar el ensayo es muy sencillo y consiste en lo siguiente:

- 1) Se pesan en la balanza cada una de las muestras.
- 2) Se miden cada uno de los lados de cada muestra.
- 3) Se calculan los volúmenes de rocas (volumen = base x altura x profundidad).

4) Se hacen los respectivos cálculos de densidad usando:

$$\text{Densidad: } \frac{\text{Masa (calculada en el paso 1)}}{\text{Volumen (calculado en el paso 2)}} \quad (4.3)$$

4.6.5 Porcentaje de absorción

Se seleccionaron 3 muestras para la realización de esta prueba (TG 01, TG 02 y TG 03) los cuales fueron realizados por el Centro de Geociencias de la Escuela de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente.

1. Las muestras se introducen en un horno por 24 horas para eliminar cualquier humedad.
2. Cumplido esto, se espera que se enfríen y se pesan cada una de las muestras (PS) existente.
3. Las muestras son sumergidas en un cilindro graduado que contenga agua destilada suficiente para cubrirlas totalmente.
4. Se dejan sumergidas por un espacio de tiempo de 48 horas.
5. Después del tiempo transcurrido, se extraen las muestras húmedas y se pesan rápidamente antes que la humedad sea alterada por la acción atmosférica (Ph).
6. Se calcula el porcentaje de absorción usando

$$\% \text{ Absorción} = \text{Ph} - \text{PS} \times 100 \quad (4.4)$$

Dónde:

Ph= Peso húmedo

PS= Peso seco

4.6 Análisis las características geoquímicas de las muestras recolectadas

Para llevar a cabo el análisis geoquímico de las muestras recolectadas se utilizó un “espectrofotómetro de absorción atómica”, en la espectrometría de absorción, se compara la intensidad de un haz de luz medida antes y después de la interacción con una muestra. Las palabras transmisión y remisión se refieren a la dirección de viaje de los haces de luz medidos antes y después de la absorción. Las descripciones experimentales por lo general asumen que hay una única dirección de incidencia de la luz sobre la muestra, y que un plano perpendicular a esta dirección pasa por la muestra. En la transmisión, la luz es dispersada desde la muestra hacia un detector en el lado opuesto de la muestra. En la remisión, la luz es dispersada desde la muestra hacia un detector en el mismo lado de la muestra.

Los análisis químicos, fueron realizados a cada una de las muestras de sedimentos para obtener porcentajes de SiO_2 , Al_2O_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O y K_2O . Estos análisis fueron realizados en el Centro de Geociencias de la Escuela Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

4.7 Interpretación a través de imágenes de radar, satelital y ortoimagen la geología y estructuras de la zona

Para la elaboración del diseño de exploración geológica, se realizó, en primera instancia, una interpretación de las fotografías aéreas 1046 – 1047, pertenecientes al Proyecto 171, Zona 2, Hoja 4, a una escala de 1:50.000. (Figura 4.2).

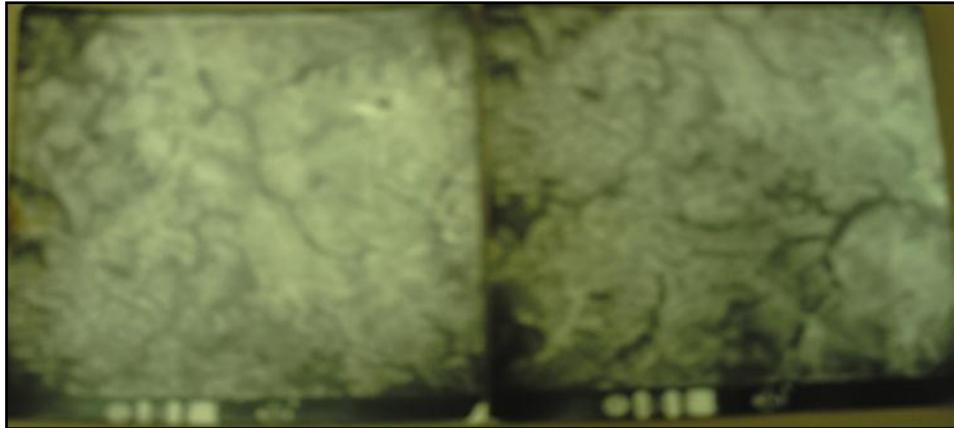


Figura 4.2 Fotografías aéreas utilizadas en la Fotointerpretación.

Con la finalidad de observar las tendencias estructurales a nivel regional, el comportamiento del drenaje y las diferentes unidades litológicas, a partir de ciertos patrones claramente diferenciables en dichas fotografías, como lo son; la textura, la tonalidad de grises, la forma topográfica, densidad y forma del drenaje, entre otros.

Algunas de las estructuras geológicas presentes, son difícilmente identificables en las fotografías, entre ellos los afloramientos estudiados; esto debido a la escala (1:50.000), la cual sólo nos puede proporcionar información a nivel regional.

En relación a las tonalidades, se consideran los diferentes tonos de color gris que ofrece la imagen en estudio. Los tonos de grises se dividen en gris claro, gris medio y gris oscuro. Las tonalidades gris claro son características de las áreas bajas y planas, las tonalidades gris oscuro dan una idea de altimetría. Esta información proporciona la variabilidad de la topografía y del relieve.

Una vez realizada la fotointerpretación, se revisaron las imágenes satelitales reproducidas en Google EARTH, las cuales ofrecieron gran detalle de la geología de la zona estudiada, y nos permitió corroborar la información obtenida de las fotografías aéreas y posteriormente la tomada en campo. (Figura 4.3).



Figura 4.3 Imagen satelital del área estudiada en las fotografías aéreas. Googleearth.

4.8 Determinar la factibilidad económica de la roca para su posible explotación con fines ornamentales según ensayo geomecánico

Se realizaron varios análisis geomecánicos a las muestras tomadas con el fin de determinar la factibilidad económica de la roca, cuyos resultados fueron sujetos a los parámetros planteados por Deere y Miller para cada análisis, tomando en cuenta también las texturas, cristalinidad y composición mineralógica.

El granito es una roca de gran potencialidad ya que su demanda cada día va en aumento, esto se debe a que es un material de excelente calidad y de una apreciable belleza. En los granitos la composición, el color, el tamaño del grano y textura son propiedades intrínsecas de la roca que condicionan, en gran medida, su carácter ornamental y, por lo tanto, serán factores fundamentales a la hora de decidir explotar un yacimiento o no. (Ángel Paulo, 2000).

Tabla 4.2 Potencial y litología de las rocas ornamentales del Estado Bolívar. (Angel Paulo, 2000).

PROVINCIA GEOLÓGICA	LITOLOGÍA	COLORES PRINCIPALES	POTENCIAL DISPONIBLE
Imataca	Gneises Granulitas Leptinitas Anfibolitas Migmatitas Charnockitas Trondhjemitas Diabasas Gabros Piroxenitas	Negro absoluto, multicolor, veteados rojo, rosado a gris, verde veteados, rojo rosado, diferentes tonalidades.	Considerables reservas. Alto valor comercial, distribuidas en radios menor o igual a 100 Km.; localizadas en sitios de fácil acceso, explotaciones mineras sin restricciones ambientales.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Identificación de las unidades Geológicas en el área de estudio

Las unidades geológicas predominantes que se lograron observar a lo largo del área en estudio son la Provincia Geológica de Imataca, la Formación Mesa y Aluviones o sedimentos recientes.

5.1.1 Complejo geológico de Imataca

Está conformado por granitos alcalino de granulometría variable, colores rosados, amarillentos y grises. Exhiben orientación y fracturamiento. Intercalados con gneises cuarzo – feldespático de grano fino a medio de colores rosado amarillentos y tonos grises. Formaciones bandeadas de hierro o cuarcitas ferruginosas de grano fino, porosas de color marrón rojizo. (Figura 5.1).



Figura 5.1 Afloramiento de la Provincia Geológico de Imataca en el Sector
norte de Tenteduro.

5.1.2 Formación Mesa

Se encuentra aflorante alrededor de toda el área de estudio variando sus espesores debido a los cambios de sedimentación fluvial y deltaica, conformada litológicamente por sedimentos detríticos como arenas de granos fino a grueso, de diversos colores tales como blanco, gris rojizas, marrones entre otras.

La Formación Mesa se depositó discordantemente sobre las rocas precámbricas del complejo de Imataca. (Figura 5.2).



Figura 5.2 Formación Mesa observada cerca de los afloramientos.

5.1.3 Aluviones o sedimentos recientes

Está compuesta por aluviones recientes (arenas, arcillas, limos y gravas de cuarzo) y por secuencias sedimentarias (arcillas arenas limolíticas bien estratificadas),

compactas a laminadas generalmente de color rojizo, gravas y arenas no consolidadas. (Figura 5.3).

Los sedimentos recientes componen el 5% de área de la zona de estudio; los suelos residuales presentes en el área son producto de la alteración de las rocas Precámbricas aflorantes.



Figura 5.3 Sedimentos recientes presentes cerca de los afloramientos.

5.2 Determinar las características petrográficas de las muestras

5.2.1 TG 01

5.2.1.1 Textura y cristalinidad

Bajo el microscopio se observa una textura Alotriomórfica inequigranular con ligera orientación, y su cristalinidad es Holocristalina. (Figura 5.4).

5.2.1.2 Descripción composicional

El Feldespato potásico, tipo microclino pertítico y mesopertítico, anhedral, escasos subhedrales de tamaño variable, fracturado, con inclusiones de cuarzo y ligeramente caolinitizado es el mineral más abundante ~48%.

El cuarzo se presenta en un ~33% de forma anhedral, de tamaño variable, ondulante, recristalizado, algunos cristales se observan alargados y como agregados policristalinos.

La Plagioclasa se presenta en un ~15% de forma anhedral, escasas subhedrales, de tamaño variable, maclas difusas, fracturadas, ligeramente sericitizadas y con entrecrecimiento mirmequitico. La Biotita se presenta en un ~3% en paquetes delgados y ligeramente orientados, cuyos cristales son mayormente tabulares, con bordes irregulares, ligeramente cloritizados y transformándose a opacos, en el centro y en el borde. Los Accesorios se presentan en un ~1% como minerales Sericita, caolinita y clorita. (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 01.

Minerales	% Real
Feldespato	48
Cuarzo	33
Plagioclasas	15

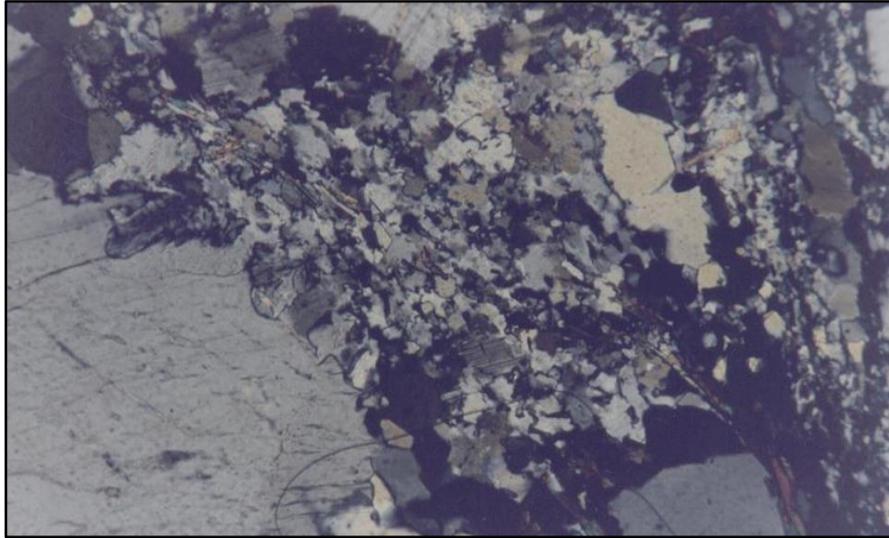


Figura 5.4 Muestra TG-1. A) Cuarzo, B) Microclina perítica, C) Cuarzo fracturado.

A partir de los análisis realizados a las rocas y la posterior aplicación del diagrama QAPF de Streckeisen, se obtuvo que la roca fue clasificada como un sienogranito.

5.2.2 TG 02

5.2.2.1 Textura y cristalinidad

Bajo el microscopio se observa una textura cataclástica, se aprecian minerales fracturados, deformados y hasta triturados, además fuerte recristalización. Se observa diferencia litológica, una zona de la sección es de tamaño de grano muy grueso, fuerte recristalización y sin presencia de máficos, otra zona se aprecia mucha trituración de minerales y presencia de máficos. Y su cristalinidad es Holocristalina. Presenta una estructura masiva. (Figura 5.5).

5.2.2.2 Descripción composicional

El Feldespato tipo microclino perítico y mesoperítico, es el mineral que se presenta en mayor cantidad en un ~ 53% de tamaño variable, que va de fino hasta grueso, donde los de menor tamaño, son mayormente producto de la disgregación mecánica de los cristales de mayor tamaño, otros son productos de recristalización dinámica sufrida por la roca, se observa fracturas rellenas de mica, bordes triturados, inclusiones redondeadas de cuarzo y caolinitizados. El Cuarzo se presenta en un ~25%, en forma ondulante, recristalizado, formando bandas o lentes policristalinos, alargados y aplanados, con fracturas rellenas de mica, bordes suturados, algunos cristales presentan recristalización por migración de borde de grano. La Plagioclasa se presenta en un 12%, en forma anhedral, de tamaño variable, con muchas manchas difusas, sericitizadas, con entrecrecimiento mirmequitico, deformada y fracturada.

Los minerales Máficos se presentan en un ~8% y se observan biotitas mayormente en cristales tabulares de tamaño fino a medio, con bordes irregulares, deformadas, curvadas, algunas forman delgados hilos que bordean en parte a los cristales de feldespato y asociada a anfíbol. Y los accesorios se presentan en un ~2% y se observan minerales opacos, apatito, clinopiroxeno y circón. (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 02.

Minerales	% Real
Feldespato	53
Cuarzo	25
Plagioclasas	12

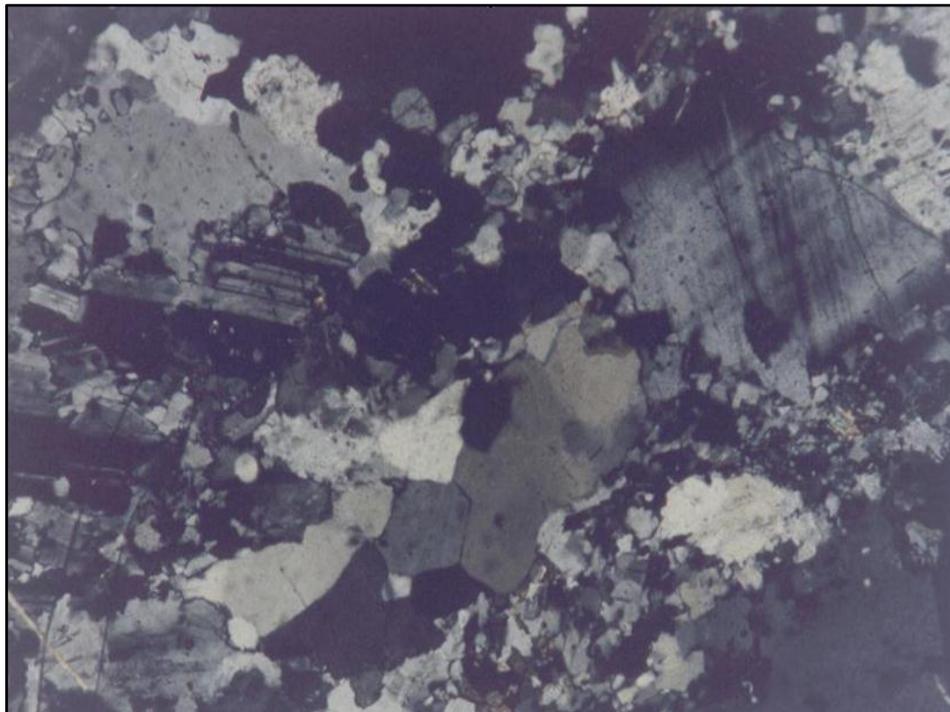


Figura 5.5 Muestra TG-2. A) Microclina pertítica, B) Plagioclasa, C) Cuarzo, D) Pertita.

A partir de los análisis realizados a las rocas y la posterior aplicación del diagrama QAPF de Streckeisen, se obtuvo que la roca fuera clasificada como un Sienogranito.

5.2.3 TG 03

5.2.3.1 Textura y cristalinidad de la roca

Al microscopio presenta una textura alotriomórfica granular, donde la mayoría de los minerales carecen de desarrollo cristalino y son de tamaño uniforme. Presenta cristalinidad holocristalina y estructura masiva. (Figura 5.6).

5.2.3.2 Descripción composicional

El mineral que se presenta en mayor abundancia es el cuarzo en un ~45% en forma anhedral, de tamaño medio a fino, ondulante, recristalizado, algunos cristales se observan alargados. El Feldespato se presenta en un ~35% y es de tipo microclino peritítico y mesoperitítico, anhedral, escasos subanhedral, de tamaño medio a fino, fracturado, con inclusiones de cuarzo y ligeramente caolinitizado.

La Plagioclasa se presenta en un ~15% en forma anhedral, de tamaño medio a fino, maclas difusas, fracturadas, ligeramente sericitizadas y con entrecrecimiento mirmequitico. La Biotita se presenta en un ~ 3% en cristales tabulares de tamaño fino, con bordes irregulares, en paquetes dispersos heterogéneamente, ligeramente cloritizados, curvados y transformados a opacos, en el centro y borde.

Los accesorios se presentan en un ~ 2% como minerales opacos, como producto de transformaciones del máfico y otros granudos y dispersos. (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Porcentajes de los minerales de la muestra TG 03.

Minerales	% Real
Feldespato	35
Cuarzo	45
Plagioclasas	15

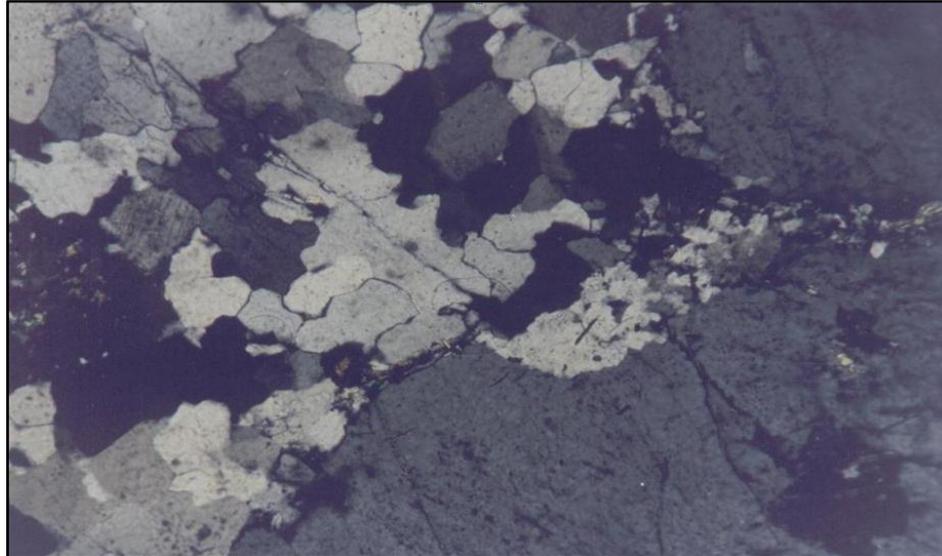


Figura 5.6 Muestra TG-3. A) Microclina pertítica, B) Cuarzo, C) Plagioclasa, D) Sericita.

A partir de los análisis realizados a las rocas y la posterior aplicación del diagrama QAPF de Streckeisen, se obtuvo que la roca fue clasificada como un sienogranito.

5.3 Determinar la calidad de la roca mediante ensayos geomecánicos

5.3.1 Ensayo de compresión

Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango de resistencia muy alta a la compresión según Dree y Millar. (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Ensayo de resistencia a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESION	
MUESTRA	PRESION (Kg/cm ²)
TG 01	4.531,42
TG 02	7.304,88
TG 03	6.247,40

5.3.2 Ensayo de flexión

El ensayo de resistencia a la Flexión en algunos casos un elemento constructivo tiene que trabajar a flexión y por consiguiente se producirán tracciones en algunas de sus partes, si el material resiste mal las tracciones, si los esfuerzos que ha de soportar una placa son elevados o los apoyos están muy separados habrá que dotarla de un canto o espesor grande. (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Ensayo de flexión.

RESISTENCIA A LA FLEXION	
MUESTRA	PRESION (Kg/cm ²)
TG 01	656,25
TG 02	425,33
TG 03	651,32

Los valores obtenidos de las muestras, arrojan que el nivel de resistencia a la flexión en las mismas es muy bajo. (Deere y Millar, 1963).

5.3.3 Ensayo de Abrasión de los Ángeles

Para realizar este ensayo se tomaron tres muestras de rocas las cuales fueron sometidas a la carga abrasiva para determinar el desgaste de la roca. (Tabla 5.6) (Tabla 5.7)(Tabla 5.8).

Tabla 5.6 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P1 01.

TAMIZ N°	PESO INICIAL MUESTRA POR TAMIZ
25.0	1257,22
19.0	1251,63
12.5	1252,47
9.5	1249,97
Total	5011,29

Cálculo del Coeficiente de desgaste:

Peso total de la muestra 5011,29 g

Peso total después de haber pasado por la máquina de abrasión: 4981,68 g

Perdida: 29,61 g

Peso final de la muestra: 3781,46 g

5011,29 g ----- 100%

3781,46 g ----- X

$X = 75,46\%$ $CD = (100 - 75,46)\%$

$CD = 24,54\%$

Tabla 5.7 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P2 02.

TAMIZ N°	PESO INICIAL MUESTRA POR TAMIZ
25.0	1252,56
19.0	1249,63
12.5	1251,11
9.5	1249,92
Total	5003,22

Calculo del Coeficiente de desgaste:

Peso total de la muestra 5003,22 g

Peso total después de haber pasado por la máquina de abrasión: 4983,85 g

Perdida: 19,37 g

Peso final de la muestra: 3729,12 g

5003,22 g ----- 100%

3729,12 g ----- X

$X = 74,53\%$ $CD = (100 - 74,53)\%$

$CD = 25,46\%$

Tabla 5.8 Ensayo de Abrasión los Ángeles a P3 03.

TAMIZ N°	PESO INICIAL MUESTRA POR TAMIZ
25.0	1254,75
19.0	1258,93
12.5	1246,62
9.5	1256,16
Total	5016,46

Cálculo del Coeficiente de desgaste:

Peso total de la muestra 5016,46 g

Peso total después de haber pasado por la máquina de Abrasión: 4995,10 g

Perdida: 21,36 g

Peso final de la muestra: 3372,78 g

CD = 32,76%

Las muestras TG 01, TG 02 y TG 03 ensayadas en el laboratorio presenta un porcentaje de desgaste de 24,54 %, 25,46 % y 32, 76 % respectivamente. Según Deere y Miller, de acuerdo a este porcentaje se clasifican en resistencia al desgaste bajo.

5.3.4 Densidad de la roca

Este ensayo nos permite conocer la densidad de la roca. (Tabla 5.9).

Tabla 5.9 Ensayo de densidad de las muestras TG 01, TG 02 y TG 03.

DENSIDA DE LA ROCA	
MUESTRA	(Ton./M ³)
TG 01	2,18
TG 02	2,17
TG 03	2,20

De acuerdo con los resultados obtenidos están muestras no están dentro de los rangos establecidos por las normas DIN para Gneis-Granulita.

5.3.5 Porcentaje de absorción

Se seleccionaron 3 muestras para la realización de esta prueba (TG 01, TG 02 y TG 03) para calcular el porcentaje de absorción de agua se utilizan muestras brutas que posean su porosidad natural. (Tabla 5.10).

Tabla 5.10 Porcentajes de absorción de las Muestras

% ABSORCION MUESTRA 1	
MUESTRA	% DE ABSORCION
TG 01	0.28
TG 02	0.29
TG 03	0.29

Según Dree y Millar estas muestras están ubicadas dentro del rango de muy bajo porcentaje de absorción y recomendado para ser usado en todo tipo de construcciones y ornamentación.

5.4 Analizar las características geoquímicas de las muestras recolectadas

De acuerdo a los resultados de los análisis geoquímicos realizados a las muestras de roca, obtenidas en afloramientos del Sector Tenteduro se logró determinar las concentraciones de algunos elementos químicos de interés representando dichos valores en la tabla 5.6 las muestras tomadas en el área de forma sistemática están representadas con las letras “TG-“ seguido del número de muestra. (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Contenido porcentual químico de las muestras tomadas.

MUESTRA	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Mg O %	Na ₂ O %	K ₂ O %
TG-01	70.12	15.23	0.32	3.45	0.62	2.09	4.13
TG-02	69.23	15.82	0.29	3.29	0.74	2.72	3.82
TG-03	72.01	13.95	0.23	3.37	0.59	2.53	3.61

5.5 Interpretar a través de imágenes de radar, satelital y orto imagen la geología y estructuras de la zona

A partir de las fotografías aéreas se pudo realizar un reconocimiento de la zona de estudio prestando gran enfoque en las fallas, fracturas y todas aquellas estructuras que indiquen una orientación preferencial de los trenes estructurales. (Figura 5.7).

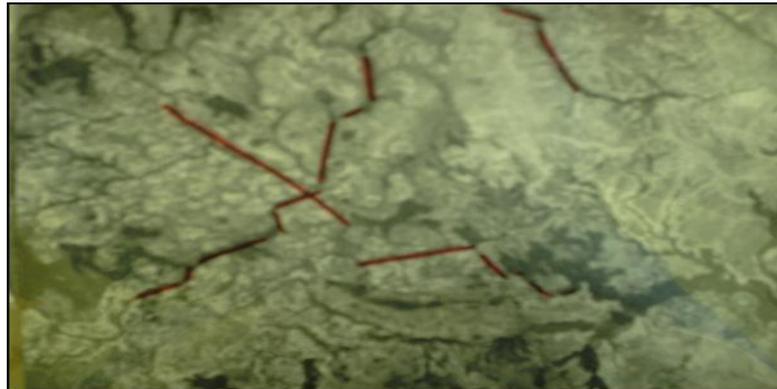


Figura 5.7 Interpretación de lineamientos de las fotografías aéreas.

Tomando en cuenta las desviaciones bruscas (perpendiculares) del cauce de los ríos y quebradas. En base a la orientación y longitud de los lineamientos se puede deducir la orientación y magnitud de las fuerzas que los produjeron; así como el número de eventos tectónicos ocurridos. (Figura 5.8).



Figura 5.8 Interpretación del drenaje de las fotografías aéreas.

Los lineamientos se han agrupado de acuerdo a su longitud, en cortos (menores de 1 Km.), intermedios (de 1 a 5 Km.) y largos (mayores de 5 Km.), también es considerado en la interpretación el patrón de fracturamiento y su magnitud, el cual se ha caracterizado en tres tipos, como lo son: a) unidad poco fracturada, b) unidad moderadamente fracturada, c) unidad muy fracturada.

En la delineación de las unidades geológicas, los patrones de drenaje y lineamientos se consideraron como se muestra en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 Interpretación de las unidades geológicas basado en los patrones de radar.

UNIDAD	TEXTURAS	RELIEVES	TONALIDADES	ESTRUCTURAS
A	Lisa	Negativo	Gris claro – medio	-
B	Media a rugosa	Medio	Gris medio	-
C	Media a rugosa	Medio	Gris claro a medio	Fallada
D	Media a rugosa	Medio a positivo	Gris medio- oscuro	Fracturada
E	Media a rugosa	Medio a positivo	Gris medio	Fracturada
F	Media	Medio	Gris medio	-
G	Media a rugosa	Negativo	Gris medio	Fallada-fracturada
H	Lisa a media	Negativo	Gris medio	-
I	Lisa a media	Negativo	Gris medio –claro	Fracturada
J	Lisa	Negativo	Gris medio- oscuro	-

La textura está definida como una respuesta de la litología de las ondas de radar y es producida por una agregación de características que pueden ser muy pequeñas o discernidas en la imagen. Se tienen tres grandes grupos; a) textura lisa, que se presenta en tonos oscuros a medios y en presencias de efectos topográficos, produce tonos más claros debido al efecto de la orientación de las formas; b) la textura media produce tonos medianos a claros; y la c) textura rugosa produce tonos medianos a altos, produciendo una combinación de tonos oscuros medianos y claros.

En relación a las tonalidades, se consideran los diferentes tonos de color gris que ofrece la imagen en estudio. Los tonos de grises se dividen en gris claro, gris medio y gris oscuro. Las tonalidades gris claro son características de las áreas bajas y planas, las tonalidades gris oscuro dan una idea de altimetría. Esta información proporciona la variabilidad de la topografía y del relieve. (Figura 5.9).

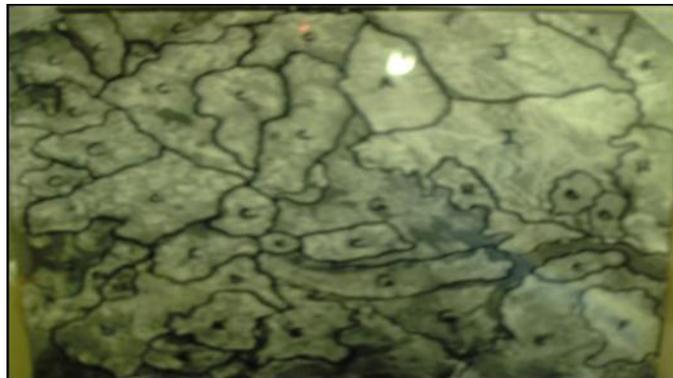


Figura 5.9 Interpretación de unidades litológicas de las fotografías aéreas.

Algunas de las estructuras geológicas presentes, son difícilmente identificables en las fotografías, entre ellos los afloramientos estudiados; esto debido a la escala (1:50.000), la cual sólo nos puede proporcionar información a nivel regional. En el estudio se interpretaron estructuras lineales, falladas y fracturadas.

Considerando la variación o diferencia topográfica entre las diferentes unidades; las variaciones en el relieve se toman como un valor relativo y puramente cualitativo. Se puede tener relieve positivo, áreas altas; relieve intermedio, áreas intermedias; relieve negativo, áreas bajas.

Una vez realizada la fotointerpretación, se revisaron las imágenes satelitales reproducidas en Google EARTH (www.GoogleEARTH.com), las cuales ofrecieron gran detalle de la geología de la zona estudiada, y nos permitió corroborar la información obtenida de las fotografías aéreas y posteriormente la tomada en campo. (Figura 5.10).



Figura 5.10 Imagen satelital del área estudiada en las fotografías aéreas. Googleearth.

5.6 Determinar la factibilidad económica de la roca para su posible explotación con fines ornamentales según ensayo geomecánico

Las rocas encontradas en el área de estudio revisten de gran importancia económica de acuerdo a las características geomecánicas del porcentaje de absorción, el cual se determinó que varían entre 0,28% a 0,29%. Según Dree y Millar estas muestras están ubicadas dentro del rango de muy bajo porcentaje de absorción y recomendado para ser usado en todo tipo de construcciones y ornamentación.

Por cuanto poseen un color gris claro muy característico, con tamaño de grano, textura y propiedades exigidas que condicionan en gran medida su carácter ornamental y por lo tanto incentivan el interés de explotación y comercialización de este material, además el tamaño del afloramiento es un indicador de las reservas potenciales y determina la explotación del yacimiento. (Tabla 5.13).

Tabla 513 Potencial y litología de las rocas ornamentales del Estado Bolívar. (Angel Paulo, 2000).

PROVINCIA GEOLÓGICA	LITOLOGÍA	COLORES PRINCIPALES	POTENCIAL DISPONIBLE
Imataca	Gneises Granulitas Leptinitas Anfibolitas Migmatitas Charnockitas Trondhjemitas Diabasas Gabros Piroxenitas	Negro absoluto, multicolor, veteados rojo, rosado a gris, verde veteados, rojo rosado, diferentes tonalidades.	Considerables reservas. Alto valor comercial, distribuidas en radios menor o igual a 100 Km.; localizadas en sitios de fácil acceso, explotaciones mineras sin restricciones ambientales.

Por otra parte el relieve topográfico y el acceso son factores favorables para la viabilidad de la instalación de una posible cantera en el área.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Dentro de la zona en estudio se interpretaron dos unidades geológicas; el Complejo Geológico de Imataca, donde se puede diferenciar el Granito La Encrucijada y La Formación Mesa que constituye una unidad litológica sedimentaria de edad Plio-Pleistoceno.

A través de la Teledetección se interpretó la geología y las estructuras geológicas tales como: pliegues, fallas, diaclasas y foliaciones. También se logró tener una idea de los tipos de relieve, hidrología, y vegetación que se encuentran en la zona.

Se determinó que los elementos químicos más resaltantes para las muestras de roca en estudio arrojaron los siguientes valores; 69,23% a 72,01% (SiO₂); 13,95% a 15,82% (Al₂O₃); 3,29% a 3,37% (Fe₂O₃) y 0,59% a 0,74% (MgO).

Los Feldespatos son el grupo de minerales que se encuentran en mayores cantidades en las muestras (TG-1, TG-2 y TG-3), con porcentajes que oscilan entre 35%-59%, con cantidades de Cuarzo ubicadas entre 27%-50% y con minerales accesorios como Micas (Biotita y moscovita) entre 2%-4%.

Los valores obtenidos del coeficiente de absorción de agua fueron: TG-1 (0,28%), TG-2 (0,29%) y TG-3(0,29%), que de acuerdo con la clasificación de Deere y Miller, tiene un coeficiente de absorción muy bajo. Esta roca puede estar en contacto con la intemperie o el agua, sin sufrir alteraciones significativas. Los valores de resistencia a la compresión (kg/cm²) de las muestras fueron: TG-1 (4.531,42

kg/cm²), TG-2 (7.304,88) y TG-3 (6.247,40); conforme a estos resultados las rocas presenta una resistencia muy altas a cargas elevadas aplicadas perpendicular y paralelamente al aserrado, bien sea durante su transporte, como en su utilización, esto según la clasificación de Deere y Miller.

Los análisis de tensión o flexión (kg/cm²) dieron como resultado: TG-1 (656,25), TG-2 (425,33) y TG-3 (651,32), y según la clasificación de Deere y Miller estos valores se encuentran clasificados en un rango de resistencia baja.

Los ensayos de abrasión los ángeles practicados en las diferentes muestras dieron los siguientes resultados: TG-1 (24,54%), TG-2 (25,46%) y TG-3 (32, 76%); ubicando a la roca en una categoría de bajo desgaste, lo cual indica que éstas presentan condiciones óptimas para el uso con fines ornamentales y en la construcción, según la clasificación de Deere y Miller.

De acuerdo a los resultados de las características geomecánicas relacionado al porcentaje de absorción las rocas encontradas en el área de estudio revisten de gran importancia económica, según Dree y Millar estas muestras están ubicadas dentro del rango de muy bajo porcentaje de absorción y recomendado para ser usado en todo tipo de construcciones y ornamentación.

Recomendaciones

Aplicar los criterios para la toma de muestra de acuerdo a las unidades geológicas del área de estudio.

Emplear la técnica de la Teledetección para trabajos posteriores pues brindan una visión mucho más clara a nivel regional de la zona a estudiar.

Llevar a cabo estudios a profundidad de las diaclasas y fracturas observadas en campo, para su identificación y análisis desde el punto de vista ornamental.

Para futuras investigaciones, se requiere de la actualización de esta investigación para lo que se recomienda principalmente tomar y analizar mayor cantidad de muestras a lo largo de los afloramientos del Sector Tenteduro.

Cumplir con todos los lineamientos y regularidades impuestas por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables y el Instituto de Minas Bolívar (IAMIB), los cuales van orientados a recuperar, conservar y proteger los recursos naturales renovables de la zona, además de otorgar la permisología necesaria para una óptima extracción y venta del producto.

BIBLIOGRAFÍAS

C.V.G TECMIN C.A., (1991). **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA DE RADAR NB-20-2, TOMO I: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN.** Ciudad Bolívar – Venezuela. pp. 192-253, 415-420.

C.V.G TECMIN C.A., (1991). **INFORME DE AVANCE DE LA HOJA DE RADAR NB-20-2, TOMO II: CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y VEGETACIÓN.** Ciudad Bolívar – Venezuela. pp. 634 -637,643 - 647,684 - 685, 902 - 905, 919, 942 - 943.

Dirección de Geología., (1997). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA.** 3ra. Edición, Caracas – Venezuela. Publicación Especial No. 12 Tomo I y II. pp 18-28, 318, 450.

Estanga, Yazmín, (1993). **CUESTIONARIO BÁSICO AMBIENTAL REALIZADO AL FUNDO LOS CABALLOS.** Ciudad Bolívar – Venezuela. P 10.

ETSI Minas y LOEMCO, (1995). **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES.** Madrid, España, pp. 26-30, 40-46, 68-71, 121-125, 177-189.

Funes A., Manuel, (1.999). **MINERÍA: ENSAYOS RECOMENDADOS A LOS GRANITOS PARA SER USADOS COMO ROCAS ORNAMENTALES.** Boletín No.27. Geominas. Boletín de la Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Venezuela. pp 27 – 30.

Gómez O., Rosa, (2006). **ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS PARA DETERMINAR EL AVANCE EN LAS RESERVAS DE ROCAS ORNAMENTALES DE LAS CONCESIONES ACTIVAS DEL ESTADO BOLÍVAR. (IAMIB).** Pasantía Intersemestral. Universidad de Oriente (UDO). Ciudad Bolívar - Venezuela.

Guilloux, Louis, (1968). **LE GRANITE.** Montreal, Canadá, Trabajo de Ascenso. pp. 23-36.

Guilloux, Louis, (2004) **PROYECTO** Ronoquia. Puerto Ordaz. Estudio Geo-Económico. pp. 85-93.

Heinrich, E. Wm., (1.972). **PETROGRAFIA MICROSCOPICA.** Ediciones Omega S.A., Barcelona - España. Segunda edicion. Pp 37-97.

Heinrich, E. Wm., (1.978). **PETROLOGIA IGNEA Y METAMORFICA.** Ediciones Omega S.A., Barcelona - España. Tercera edicion. Pp 62-455.

Kalliokoski, J., (1965). **GEOLOGÍA DE LA PARTE NORTE-CENTRAL DEL ESCUDO DE GUAYANA, VENEZUELA.** Bol. Geol. Caracas - Venezuela. pp 29 – 104.

Lof, P., (1982). **ELSEVIER'S MINERAL AND ROCK.** pp.45.

López, Carlos, (1995). **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES.** Entorno Gráfico S.L, Madrid – España.

Llopis Trillo, Guillermo, (1992). **MANUAL DE ROCAS ORNAMENTALES, PROSPECCIÓN, EXPLOTACIÓN, ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN.** Entorno Gráfico, Madrid – España. Pp. 46-85.

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

Montes, Elizabeth, (2004). **COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMECAICAS DE ALGUNAS ROCAS ORNAMENTALES DE VENEZUELA CON LAS DE OTROS PAISES.** Ciudad Bolívar - Venezuela. pp. 8, 34, 38 – 40, 53, 72 – 79, 81.

Morales, Manuel, (1.999). **RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN ROCAS GRANÍTICAS CON FINES ORNAMENTALES AL NOROESTE DE CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. Universidad de Oriente (UDO). Ciudad Bolívar - Venezuela.

Muñoz de La N. Y otros (1.989): **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE ROCAS ORNAMENTALES: GRANITOS.** Boletín Geológico y Minero. Vol. 100 – 3.

Paulo, Ángel, (2000). **ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE GRANITOS ORNAMENTALES EN EL ESTADO BOLÍVAR Y SU PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO GLOBAL.** Ciudad Bolívar - Venezuela. Trabajo de Ascenso. pp. 18-30.

Rodríguez E. Simón, (1997). **FAJAS COMERCIALES DE GRANITOS ORNAMENTALES EN BOLÍVAR NORCENTRAL, VENEZUELA**. Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano, Sociedad Venezolana de Geólogos . tomo II, pp. 331 – 334. Porlamar - Venezuela.

Smith Bits, (1999). **FUNDAMENTOS DE GEOLOGIA**. Versión 1.01.

Strahler Arthur, (1987). **GEOLOGÍA FÍSICA**. Ediciones OMEGA. pp. 634 – 639. Barcelona – España.

Whitten, D.G.A. y Brooks, J.R.V., (1972). **DICCIONARIO GEOLÓGICO**. Middlesex - Inglaterra. P. 364.

Williams H. Y Turner F., (1968). **PETROGRAFÍA**. Primera Edición. pp 177-179.

GOOGLE, (2006). **IMÁGENES SATELITALES**. 25 de Octubre de 2006. www.GoogleEARTH.com.

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

Título	INTERPRETACION GEOLOGICA DE 2500 HECTARIAS UBICADAS EN EL CUADRANTE NORTE DEL SECTOR TENTEDURO KM 60, CON FINES DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOCOS (GRANITOS), MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLIVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Carrasco carrillo Luis Gerardo	CVLAC	14949252
	e-mail	Compresor1@hotmail
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

GEOLOGICA, HECTARIAS , TENTEDURO KM 60, (GRANITOS)

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
ABUD JORGE	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Sampol María	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Rojas María	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	03	29

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-INTERPRETACION GEOLOGICA DE 2500 HECTARIAS UBICADAS EN EL CUADRANTE NORTE DEL SECTOR TENTEDURO KM 60.Doc

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: IAMIB Bolívar (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: Departamento de Geotecnia

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

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR Mazales
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,


JUAN A. BOLANOS CUVVELO
Secretario



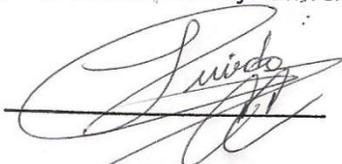
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

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 sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

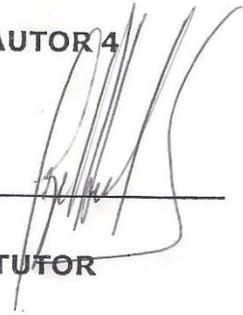


AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3

AUTOR 4



TUTOR