

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FAJA DOLOMÍTICA DE LA ZONA UBICADA ENTRE GAÑANGO Y PATANEMO, DISTRITO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela Por los Brs.
Gómez Marcano, Alexis y
Mayora Plata, Milagros Elizabeth para
optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, Febrero 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FAJA DOLOMÍTICA DE LA ZONA UBICADA ENTRE GAÑANGO Y PATANEMO, DISTRITO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO

Tutor académico: Prof. Ing. Paúl Romero

Tutor industrial: Ing. Simón Rodríguez

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela Por los Brs.
Gómez Marcano, Alexis y
Mayora Plata, Milagros Elizabeth para
optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, Febrero 2006

Caracas, Febrero de 2006

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Alexis Gómez Marcano y Milagros Elizabeth Mayora Plata, titulado:

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FAJA DOLOMÍTICA DE LA ZONA UBICADA ENTRE GAÑANGO Y PATANEMO, DISTRITO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran **APROBADO**.

Prof. Mónica Martíz
Jurado

Prof. Sebastián Grande
Jurado

Prof. Paúl Romero
Jurado

Dedicatoria de Milagros:

A mi padre Germán, que se alejó físicamente hace ya nueve años, pero que continúa cada instante de mi vida a mi lado, con su ejemplo, amor y bondad.

A mi madre Ana Cecilia quien me colmó de fortaleza, seguridad y espíritu de lucha, siempre atenta y demandante de este momento.

A mi esposo Oswaldo José, mi compañero de vida, quien me hace el ser más feliz sobre esta tierra, a quien amo indescriptiblemente, contribuyente infinito de amor y comprensión.

De una manera especial dedico este trabajo a mi hijo Eduardo Enrique, ser maravilloso que colma mi corazón de felicidad, orgullo y fortaleza.

A mi adorada hermana Ana, la persona más bondadosa que conozco, apoyo de todos mis proyectos.

A Nelson, mi hermano incondicional, siempre sonriente y optimista, dispuesto a darlo todo sin esperar nada a cambio.

A mis hermanos Víctor y José (Cheo), padres ejemplares, siempre atentos a todos mis pasos.

A Sugey mi sobrina, bueno yo diría mas bien que es mi hija mayor, de quien me siento orgullosa y la que me motiva a continuar para que ese orgullo sea recíproco.

No puedo dejar por fuera a Yohan, mi sobrino, a quien le doy gracias ser la fuente de amor e inspiración de mi hermana Ana.

A Victoria, Roxana y Cristian esas semillitas que pronto serán grandes árboles.

A Cesar Arreaza y Ernesto González, compañeros en el inicio de mi vida universitaria y a quienes Dios llamó de este mundo.

A la Sra. Omaira, al Sr. Oswaldo y a Francys, quienes me recibieron en su familia, por ser tan especiales y bondadosos, siempre dispuestos a ayudar.

A la abuela Nena, al abuelito Rafael, a mi Doctora Preferida y a la tía Thais, familia hermosísima que me brinda amor y felicidad.

A Tanita, por relevarme como madre y atender a mi hijo queriéndolo de una forma especial.

A mis amigos y compañeros de escuela Vanesa Ojeda, Nairim Rodríguez, Daniel Azuarte, Marismelia, Mariela López, Sonia Viveiros, La Catira, Mari Cruz Julio, Chilanga y Armando Agostini, por compartir tantos momentos.

Milagros E. Mayora P.

Dedicatoria de Alexis:

A mi abuelita Luisa, que se separó físicamente de mí, más no de mi corazón porque ella está en cada instante de mi vida a mi lado, con su carácter, dedicación, amor y bondad.

A mi padre José Alejandro que me enseñó a ser fuerte, perseverante y luchador y del cual me siento muy orgulloso.

A mi madre Cruz Marcano que me enseñó a ser fuerte, respetuoso y honrado para con las personas, y un fiel servidor al que necesitara de mí sin nada a cambio.

De una manera personal dedico este trabajo a mi sobrino Darwin Alejandro, por ser maravilloso y hermoso, que llena mi corazón de felicidad.

A mí hermana Rox, que de alguna manera me apoya y que me quiere tanto o más de lo que yo me puedo imaginar.

A mi gorda Marita, mi hermana a la cual quiero mucho que siempre sonrío y que es muy optimista, dispuesta a darlo todo sin recibir nada a cambio.

A mis hermana Cuchin que siempre pelea conmigo, pero sé, que en el fondo de su corazón, me quiere tanto como yo la quiero a ella.

A mi cuñado Darwin, por haber traído al mundo a ese muchachito que es el ser más maravilloso el cual amo y quiero y que llena mi vida de alegría.

Y en especial a una persona que hizo que esto fuera realidad, y que me hubiera encantado compartirlo con ella.

A todos mis amigos, que de alguna forma me apoyaron y ayudaron para la realización de este trabajo y a los cuales pido perdón porque no los nombro ya que son muchos.

A Greg por llegar a mi vida en este momento importante y llenarla de amor y felicidad.

Y ante todo a mi Dios y a mi virgen del Valle los cuales me protegen siempre de todo mal.

Alexis Gómez Marcano

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de forma unánime a las siguientes instituciones y personalidades:

A la Universidad Central de Venezuela, especialmente la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología, en cuyas instalaciones transcurrieron años de nuestras vidas, donde adquirimos una formación integral, espacio de sabidurías y vivencias inolvidables.

A Corpocentro, por financiar esta estudio y permitirnos formar parte de su equipo.

Al Profesor Paúl Romero, por su ayuda, condescendencia, supervisión, sugerencias y dirección en este trabajo de investigación, amigo y consejero, infinitas gratitudes por todo y por tanto.

Al Profesor Ricardo Alezones, por sus acertados comentarios, por sus valiosas observaciones y correcciones, siempre dispuesto a enseñar y colaborar.

Al Ing. Simón Rodríguez, Tutor Industrial, quien impulsó esta investigación.

Al Profesor Manuel Martínez, por su acertada asesoría, y prestarnos equipos necesarios en esta investigación.

Al Profesor Sebastián Grande por sus enseñanzas, y brillantes comentarios.

A la Ingeniero Yuraima Peraza, por el esmero ofrecido en sus actuaciones, colaboradora e intermediaria en todos los tramites realizados con Corpocentro.

A la Profesora Mónica Martíz, por sus consejos e inquietudes y por su apoyo en el transcurso de este trabajo especial de grado.

A Eunice por su sonrisa y por estar siempre dispuesta a ayudarnos en los trámites.

A la Sra. Morella Mikaty, ser noble y cariñoso, quien con esmero dirige el material bibliográfico de la escuela.

A Eduardo que aunque gruñón, siempre nos asistió con las referencias bibliográficas.

Al (CF) Manuel Barrero, Comandante del Batallón de Policía Naval (CA) Matías Padrón, de Puerto Cabello, por habernos brindado protección en nuestro trabajo de campo.

A la Cantera Tacarigua, representada por los señores Víctor y Giovanni, y a su personal por colaborar con esta investigación.

A Canteras Yaritagua por haber realizado los análisis químico a las muestras de mano recolectadas en campo.

A nuestros compañeros de la escuela, en especial a Vanesa , Fabiana, Chilanga, Manuel Araque, Daniel, Margaret Álvarez, y Elisa por la colaboración que prestaron durante la realización de esta investigación.

A la Abuela Ana Cecilia de Mayora, quien nos acompañó durante el campo, brindándonos su apoyo y sabios consejos.

A Nelson Mayora, por acondicionar el vehículo utilizado durante el campo de esta investigación.

A Rodolfo por aportar el apoyo tecnológico necesario para la transcripción del informe final.

Expresamos eterna gratitud a nuestras familias por su permanente apoyo espiritual y económico, por la tolerancia y ayuda en todas las etapas de nuestras vidas.

Gómez M., Alexis; Mayora P., Milagros E.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FAJA DOLOMÍTICA DE LA ZONA UBICADA ENTRE GAÑANGO Y PATANEMO, DISTRITO PUERTO CABELLO, ESTADO CARABOBO

**Tutor Académico: Ing. Paúl Romero. Tutor Industrial: Ing. Simón Rodríguez.
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología. 2006, 117p.**

Palabras Claves: Cordillera de la Costa, Metamorfismo, Mármol, Dolomita,
Reservas estimadas, Carabobo.

Resumen. Esta investigación se realiza a petición de la Corporación de Desarrollo Central, CORPOCENTRO, en el marco de las investigaciones que desarrolla esta corporación, con relación a la existencia de minerales no metálicos en la región central de Venezuela.

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar geológicamente la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, ubicada en el flanco norte de la Cordillera de la Costa, tramo Centro Occidental, en el Distrito Puerto Cabello del Estado Carabobo, con un extensión aproximada de 12 km².

El área de estudio se dividió en cuatro unidades litológicas informales descritas a continuación:

- Unidad de Metatrandhjemita (UMT), con una extensión aproximada de 5 Km², cuya composición dominante es de cuarzo y feldespato. La textura predominante en las rocas encontradas pertenecientes a esta unidad es la foliación; presentando un patrón promedio de orientación N60°E y Buzamientos entre 40 y 50° al Norte. La unidad (UMT) se correlaciona con la Asociación Metamórfica El Ávila (sin diferenciar), definida por F. Urbani y M. Ostos (1989).
- Unidad de Mármol (UM), está representada por tres cuerpos lenticulares aislados. Esta unidad presenta una extensión aproximada de 1,2 Km², se distingue por su composición homogénea de calcita, dolomita y anfíboles, haciendo notar la presencia de lentes esquistosos de composición clorítica que interrumpen la homogeneidad de la misma. Los resultados de los análisis químicos en la Unidad de Mármol muestran altos porcentajes de CaO y CaCO₃, y bajos porcentajes de MgO y MgCO₃, clasificando la roca como Mármoles Calcíticos (38%) y Mármoles Calcíticos Dolomíticos (62%).

La estimación de reservas para la Unidad de Mármol, se realizó para los tres afloramientos perteneciente a la misma, denominados Venegras I, Venegras II y Mar Azul, considerando dos escenarios, el primero incluye todos los mármoles que afloraban y en los cuales se determinaron los contactos con las rocas adyacentes, el segundo escenario incluye los mármoles cubiertos y donde no fue imposible precisar los contactos.

En Venegras I, el volumen de mármol que aflora es de 15.425.138,88 m³ y el volumen de mármol inferido es de 15.598.680,75 m³. Para Venegras II el mármol aflorante tiene un volumen de 2.364.245,13 m³ y el volumen inferido es de 6.991.133,00. En el caso de Mar Azul, todo el mármol aflora, arrojando un total de 1.693.138,25 m³ de volumen.

La Unidad de Mármol presenta un volumen total aflorante de 19.464.522,26 m³ e inferido de 22.589.813,75 m³, arrojando un total general de 42.054.336,01 m³ de volumen estimado.

Esta unidad es correlacionable con la Asociación Metamórfica La Costa, definida por Urbani y Ostos (1989), Urbani “et al”. (1989a, 1989b).

- Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceo (UECAM), con una extensión aproximada de 4,5 Km², de composición predominante cuarzo, anfíboles, micas, calcita y granate. Presenta un sistema de diaclasas conjugadas, uno paralelo a la foliación con rumbo N60E 50°N, con frecuencia de 3:1 y uno perpendicular a la foliación con orientación N35W 40°N y frecuencia de 2:1. Esta unidad presenta vetas de cuarzo perpendiculares a la foliación y con espesores que van desde 4 cm hasta 55 cm de espesor. Además se observaron boudines en la zona nororiental, cuya composición es de anfibolita eclogítica circundados por esquistos-grafito-clorito-cuarzo-moscovíticos y grafito-calcítico-cuarzo-moscovítico. Esta unidad es correlacionable con la Asociación Metamórfica La Costa, definida por Urbani y Ostos (1989), Urbani “et al”. (1989a, 1989b).
- Unidad de Sedimentos Recientes (USR) con una extensión aproximada de 960m² conformada por suelos arcillosos de colores rojizos producto de la oxidación, por suelos de colores oscuros productos de la descomposición de materia orgánica, y por la existencia de crecimiento de barreras de coral.

En el área de estudio, se manifiesta un solo sistema de fallas, en dirección N80E, con un movimiento aparente de transcurrancia dextral, perteneciente al sistema de falla de San Sebastián, ubicada en el extremo norte del área de estudio.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Ubicación y del área de estudio	2
1.3 Vías de acceso	4
1.4 Trabajos previos	5
2. GEOGRAFÍA FÍSICA	10
2.1 Fisiografía y Relieve	11
2.2 Drenaje	14
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA	15
3.1 Primera fase o investigación preliminar	15
3.2 Segunda fase o trabajo de campo	15
3.3 Tercera fase o fase de laboratorio	15
3.3.1 Petrografía microscópica	17
3.3.1.1 Preparación de secciones delgadas	17
3.3.1.2 El microscopio polarizante	18
3.3.1.3 Selección de muestras para realizar secciones delgadas	19
3.3.2 Fluorescencia de Rx	19
3.3.2.1 Medición de fluorescencia	20
3.3.2.2. Selección de muestras para realizar análisis químico	21
3.3.3 Teñido con Alizarin Red S.	21
3.3.3.1 Selección de muestras para la realización de teñido	22
3.3.4 Difracción de Rx	22
3.3.4.1 Preparación de la muestra	23
3.3.4.1.1 Disgregación-pulverización de la muestra	23
3.3.4.1.2 Montura desorientada	24
3.3.4.2 Procedimiento para realizar el análisis	25
3.3.4.3 Equipo	26
3.3.4.4 Selección de muestras para la realización de difracción de Rx	27
3.3.5 Interpretación de unidades litológicas informales	27
3.3.5.1 Metamorfismo	27
3.3.5.1.1 Fases de deformación y sus texturas metamórficas	33
3.3.5.1.1.1 Fase pre-tectónica	33
3.3.5.1.1.2 Fase sin-tectónica	34
3.3.5.1.1.3 Fase post-tectónica	36

3.4 Cuarta fase	37
3.4.1 Mapas Definitivos	37
3.4.2 Cortes Geológicos	37
3.4.3 Cálculo de reservas estimadas	39
4. GEOLOGÍA REGIONAL	41
4.1 Geología Regional	42
4.1.1 Asociación Metamórfica La Costa	43
4.1.1.1 Complejo Nirgua	44
4.1.1.2 Mármol de Antímano	46
4.1.2 Asociación Metamórfica El Ávila	48
4.2 Geología Estructural Regional	49
5. GEOLOGÍA LOCAL	54
5.1 Geología Local	55
5.1.1 Aspectos Generales	55
5.1.2 Unidad de Metatrondhjemitas (UMT)	55
5.1.2.1 Ubicación y Extensión	55
5.1.2.2 Contactos	55
5.1.2.3 Características de campo	56
5.1.2.4 Composición mineralógica	56
5.1.2.5 Descripción mineralógica detallada	57
5.1.3 Unidad de Mármol (UM)	60
5.1.3.1 Ubicación y Extensión	61
5.1.3.2 Contactos	61
5.1.3.3 Características de campo	61
5.1.3.4 Composición mineralógica	62
5.1.3.5 Descripción mineralógica detallada	63
5.1.3.6 Teñido de mármoles carbonáticos	66
5.1.3.7 Análisis por difracción de Rx	67
5.1.3.7.1 Muestra V10	67
5.1.3.7.2 Muestra V16	68
5.1.3.7.3 Muestra V4	68
5.1.3.7.4 Muestra V6	69
5.1.3.7.5. Muestra V9	69
5.1.4 Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micaceo (UECAM)	70
5.1.4.1 Ubicación y Extensión	70
5.1.4.2 Contactos	70
5.1.4.3 Características de campo	71
5.1.4.4 Composición mineralógica	73
5.1.4.5 Descripción mineralógica detallada	74
5.1.5 Unidad de Sedimentos Recientes: (USR)	77

5.1.5 Descripción general	77
5.2 Geología Estructural Local	78
5.2.1 Foliación	78
5.2.2 Plegamientos	79
5.2.3 Fallas	80
5.2.4 Diaclasas	81
5.2.5 Vetas	82
5.2.6 Boudines	83
6. METAMORFISMO	84
6.1 Texturas Metamórficas	85
6.1.1 Fase pre-tectónica	85
6.1.2 Fase sin-tectónica	86
6.1.3 Fase post-tectónica	87
6.2 Grados Metamórficos	87
7. ANÁLISIS QUÍMICO	89
8. ESTIMACIÓN DE RESERVAS	96
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	101
10. CONCLUSIONES	104
11. RECOMENDACIONES	108
12. BIBLIOGRAFÍAS	110
ANEXOS	
Anexo 1: Mapa Geológico Regional.	
Anexo 2: Mapa Geológico Local.	
Anexo 3: Mapa Topográfico Local.	
Anexo 4: Disposición Volumétrica de la Unidad de Mármol.	
Anexo 5: Secciones Transversales para Estimación de Reservas.	
Anexo 6: Resultados de análisis químico y difracción de Rx.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°		Página
1	Mapa de ubicación de la zona de estudio	3
2	Vía de acceso hacia Patanemo	4
3	Mapa índice del estado Carabobo	11
4	Expresión del drenaje de la zona de estudio	14
5	Microscopio Petrográfico	18
6	Componentes de un Fluorómetro o espectrómetro	20
7	Partes de un Difractómetro de Rx	23
8	Método de preparación de montura del polvo desorientado	25
9	Ejemplo de un registro de un difractómetro	26
10	Facies metamórficas	30
11	Microestructuras de deformación pretectónicas	33
12	Criterios fundamentales de crecimiento sintectónico	34
13	Dos ejemplos de estructuras en forma de “bola de nieve” en granate	35
14	Estructuras con crecimiento post-tectónico	36
15	Flujograma de actividades	40
16	Mapa geológico de la región de Borburata	42
17	Esquema de límite de placas	49
18	Fajas tectónicas de la parte central de la Cordillera de la Costa	51
19	Afloramiento de la UMT	56
20	Composición mineralógica promedio de la UMT	57
21	Fotomicrografía de cristales de albita con inclusiones de cuarzo, rodeados de micas.	59
22	Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Venegas I	60
23	Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Venegas II	60
24	Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Mar Azul	60
25	Contactos de la unidad de mármol	61
26	Composición mineralógica promedio mediante análisis petrográfico de la unidad de mármol	62
27	Fotomicrografía de calcita exhibiendo maclado polisintético	64
28	Fotomicrografía de calcita exhibiendo tremolita en corte longitudinal	64
29	Teñido de secciones finas, donde se aprecia la coloración rojiza	66
30	Gráfico de difracción de Rx para la muestra V10	67
31	Gráfico de difracción de Rx para la muestra V16	68
32	Gráfico de difracción de Rx para la muestra V4	68
33	Gráfico de difracción de Rx para la muestra V6	69
34	Gráfico de difracción de Rx para la muestra V9	69
35	Contactos de la UECAM	70
36	UECAM, sector oriental	71

37	UECAM, buzamiento alto	72
38	UECAM, sector occidental	72
39	Composición mineralógica promedio mediante análisis petrográfico de la UECAM	74
40	Fotomicrografía de mosaico de cuarzo	74
41	Fotomicrografía de granate en la UECAM	75
42	Fotomicrografía donde se muestra la actinolita en corte basal y longitudinal	76
43	Unidad de Sedimentos Recientes	77
44	Foliación en la zona de estudio	78
45	Pliegues en la UECAM	79
46	Ensiladura de falla	80
47	Diaclasas en la unidad de mármol	81
48	Diaclasas en la UECAM	82
49	Veta de cuarzo en la UECAM	82
50	Boudines de anfibolita eclogítica circundados por esquistos grafitosos cuarzo moscovíticos	83
51	Fotomicrografía mostrando foliación que envuelven cristales	85
52	Fotomicrografía mostrando fracturación de un cristal de granate	85
53	Fotomicrografía mostrando cristales de albita con múltiples inclusiones	86
54	Fotomicrografía mostrando esquistosidad	86
55	Promedio de los resultados de análisis químico para las muestras pertenecientes a Venegras I	91
56	Promedio de los resultados de análisis químico para las muestras pertenecientes a Venegras II	92
57	Promedio de los resultados de análisis químico para las muestras pertenecientes a Mar Azul	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Página
1	Coordenadas de la zona de estudio	3
2	Criterios de clasificación de facies metamórficas Miyashiro (1973)	31
3	Criterios de clasificación de facies metamórficas Turner (1981)	31
4	Asociación Metamórfica La Costa	43
5	Complejo Nirgua	44
6	Mármol de Antímano	46
7	Asociación Metamórfica el Ávila	48
8	Composición mineralógica mediante análisis petrográfico de la UMT	56
9	Composición mineralógica mediante análisis petrográfico de la UM	63
10	Composición mineralógica mediante análisis petrográfico de la UECAM	73
11	Análisis químico de las muestras pertenecientes a Venegras I	90
12	Análisis químico de las muestras pertenecientes a Venegras II	91
13	Análisis químico de las muestras pertenecientes a Mar Azul	92
14	Tipos de Mármoles Calcáreo Dolomíticas, Teodorovich (1958)	93
15	Resultados de las análisis químico de las muestras pertenecientes a la unidad de mármol	94
16	Estimación de reservas en Venegras I, zona de afloramiento	97
17	Estimación de reservas en Venegras I, zona inferida	98
18	Estimación de reservas en Venegras II, zona de afloramiento	98
19	Estimación de reservas en Venegras II, zona inferida	99
20	Estimación de reservas en Mar Azul, zona de afloramiento	99
21	Volúmenes totales de la unidad de mármol	100

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN:

Esta investigación se realiza a petición de la Corporación de Desarrollo Central, CORPOCENTRO, sede ubicada en Valencia, estado Carabobo, en el marco de las investigaciones que realizan con relación a la existencia de minerales no metálicos en la región central de Venezuela.

1.1. OBJETIVOS:

1.1.1. Objetivos Generales:

El objetivo de este trabajo es caracterizar geológicamente la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello del estado Carabobo.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Cartografiar los cuerpos de mármol presentes en el área.
- Realización de la cartografía digital vectorizada del área de estudio.
- Realización de análisis petrográfico de 50 muestras obtenidas en campo, con el propósito de establecer la composición mineralógica detallada de la zona de estudio..
- Realización de análisis químico a las muestras, para determinar la composición de MgO, CaO, CaCO₃, MgCO₃.
- Estudio litológico y estructural del área de estudio.
- Realizar una estimación de las reservas de mármol presentes en el área.

1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

El área estudiada se encuentra en el flanco norte de la Cordillera de la Costa, tramo Centro Occidental, en el distrito Puerto Cabello del estado Carabobo, con

una extensión aproximada de 12 km², entre las coordenadas expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 1: Coordenadas de la zona de estudio

VERTICE	UTM NORTE	UTM ESTE
A	1.158.000	613.500
B	1.158.000	617.500
C	1.155.500	613.500
D	1.155.500	617.500

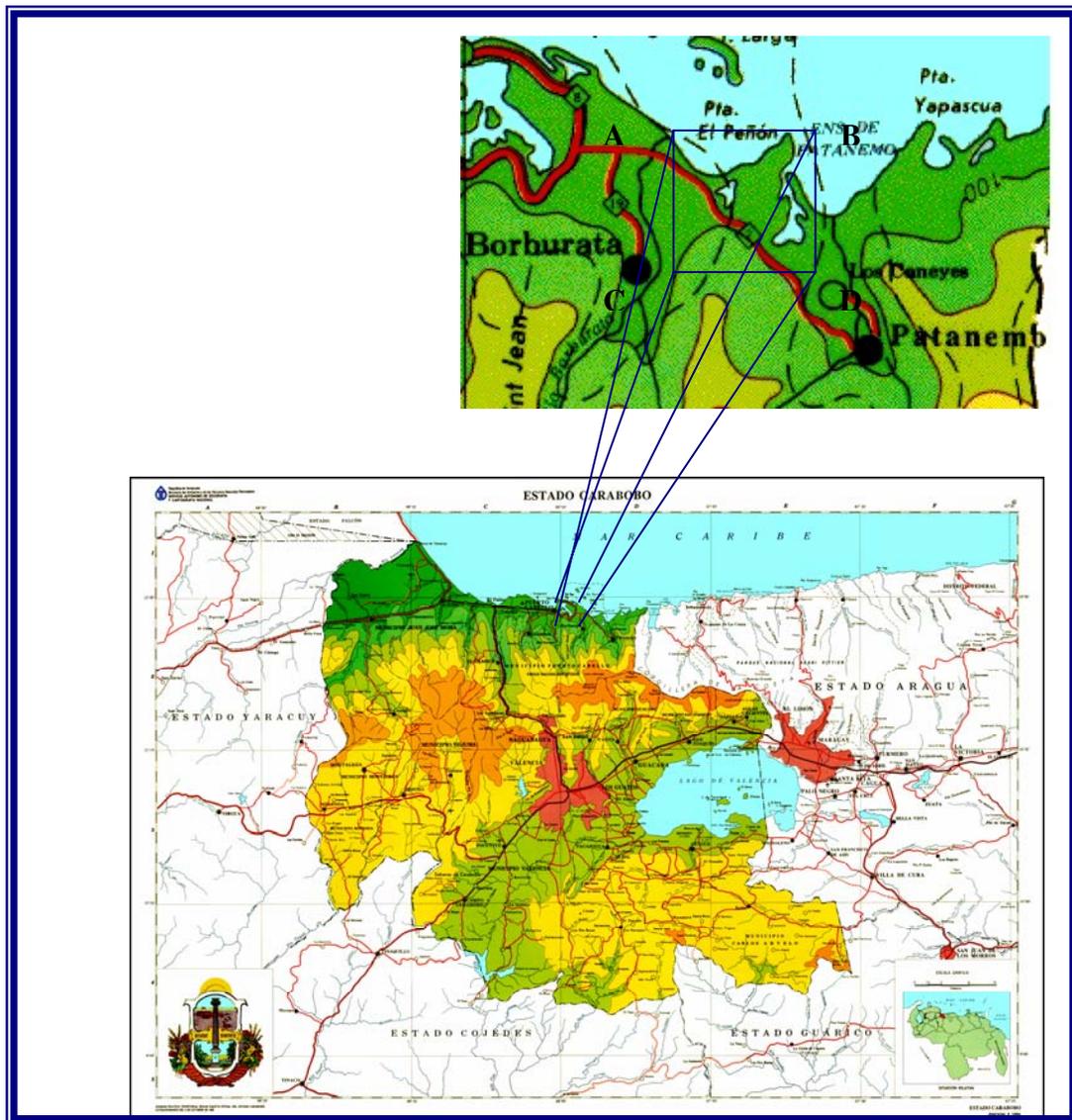


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio
Tomado de: Cartografía Nacional (2001). Atlas de Venezuela en línea. Venezuela, Carabobo.

1.3. VIAS DE ACCESO:

La vía de acceso principal a la zona de estudio es la autopista regional del centro en sentido Caracas-Valencia, tomando la intersección hacia El Palito, desde donde se continúa hacia Puerto Cabello, siguiendo luego por una carretera pavimentada que va hacia la población de Borburata y posteriormente a Patanemo.

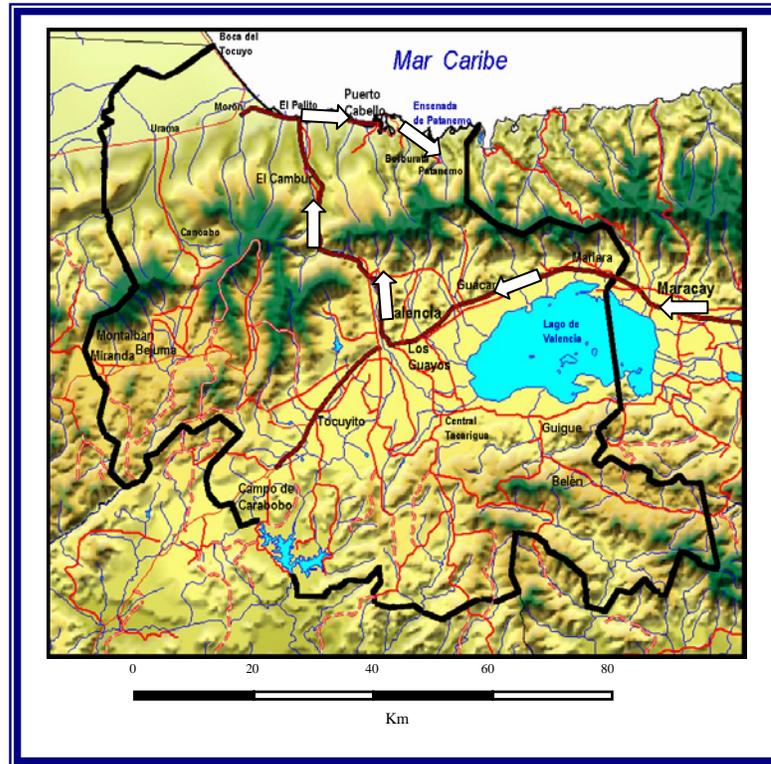


Figura 2: Vía de acceso hacia Patanemo, Estado Carabobo, tomado y modificado de Cartografía Nacional (2001). Atlas de Venezuela en línea. Venezuela, Carabobo.

1.4. TRABAJOS PREVIOS:

AGUEVERRE Y ZULOAGA (1937), Son pioneros en la clasificación de las rocas presentes en la Cordillera de la Costa, estableciendo las primeras nomenclaturas estratigráficas y definiciones sobre la geología estructural de las rocas aflorantes en las cercanías a Caracas. Mencionan que el núcleo de la Cordillera de la Costa son rocas Augenésicas y gneis graníticos designándoles el nombre de Augeneis de Peña de Mora, además determinaron que las rocas que se encuentran por encima de este núcleo son metamórficas mayormente de origen sedimentario con intrusiones félsicas en toda su extensión. Determinaron además que le Cordillera de la Costa es un bloque epirogénico activo.

DENGO (1951, 1953), postuló que la parte central de la Cordillera de la Costa está constituida principalmente de rocas metamórficas de origen ígneo y sedimentario, siendo las más antiguas de la región los denominados gneis graníticos.

MENÉNDEZ (1966), reconoce 4 fajas tectónicas en la parte central de las montañas occidentales del Caribe en Venezuela, Faja Tectónica de la Cordillera de la Costa, Faja Tectónica Caucagua, El Tinaco, Faja de Paracotos y Faja Tectónica de las volcánicas del Grupo de Villa de Cura. Dentro de estas fajas se encuentran rocas metasedimentarias de bajo grado, de edad Jurásico del Grupo Caracas.

BELLIZIA Y RODRÍGUEZ (1968), realizan estudios regionales de la geología de los estados Yaracuy, parte de Falcón, Carabobo y Cojedes, describiendo unidades metamórficas nuevas (Formaciones Nirgua y Aroa), y las correlacionan con unidades correspondientes al Grupo Caracas.

MORGAN (1967, 1969), realiza estudios en el área de Valencia, estado Carabobo, aportando valiosos detalles sobre la geología estructural de la Cordillera de la Costa. Estableció dos sistemas de fallas, uno con rumbo E-W y otro con rumbo N20°W y determinó la existencia de un gran anticlinorio con un núcleo compuesto por una secuencia de gneis biotítico microclínico e indicó la presencia de eclogita y anfibolita granatífera en las cercanías de Puerto Cabello.

GONZÁLEZ (1972), realiza estudios geológicos en la zona de Valencia, determina la extensión de la Asociación Metasedimentaria Caracas, prolongándose por los estados Aragua, Carabobo, Yaracuy y Cojedes. Indica que la Faja de la Cordillera de la Costa estructuralmente forma parte de un gran anticlinorio, con un núcleo compuesto por gneis granítico, limitado al norte por la falla del Caribe y al sur por la falla de la Victoria. Indica la presencia del Metagranito de Guaremal, en la zona centro occidental de la Cordillera de la Costa. Además extiende la Formación Nirgua hasta la zona de Puerto Cabello.

URBANI (1978), realizó estudios sobre la geología del área de El Cambur-Las Trincheras, en el estado Carabobo, en la localidad tipo del Granito de Guaremal. Determinando que los gneises de Las Trincheras son característicamente diferentes en cuanto a su evolución, de aquellas rocas del área de Guaremal. Elaboró una hipótesis sobre la evolución geológica del área, donde sugiere que los gneises de Las Trincheras se originaron en un evento orogénico del Paleozoico Medio (evento "Caledoniano") o aún anterior, y las rocas graníticas de Guaremal como pertenecientes a un evento del Paleozoico tardío (evento "Herciniano"), y todo esto posteriormente modificado por distintas fases de deformación y metamorfismo durante la orogénesis andina.

BLANCO (1980), trabajó en el extremo occidental de la Cordillera de la Costa y define unidades litológicas informales, donde las describe detalladamente.

FALCÓN (1980), trabajó en la zona de El Palito El Cambur, estado Carabobo, determinando cinco unidades litológicas informales. Observó dos períodos de plegamiento. Reconoció cuatro sistemas de fallas: fallas oblicuas con rumbo N65W-N25W; fallas transversales primarias con rumbo general N15E; fallas longitudinales con rumbo aproximado E-W; y fallas transversales secundarias con rumbo N35E.

FRASS (1981), estudió la cartografía geológica de la zona, unidades litológicas aflorantes en el área y su significación petrográfica y tectónica. Agrupó los patrones de fallamiento definidos para el área de estudio en dos rangos principales, unas con rumbo N70E a E-W, otras con rumbo N20W a N50W.

GRANDE (1982) realiza un estudio en la zona de Las Trincheras-Vallecito estado Carabobo, determinando la existencia de dos eventos metamórficos, explicados por procesos donde inicialmente ocurre una subducción de corteza oceánica debajo de corteza continental con alta relación P/T, seguido por una actividad magmática que contribuye al aumento de la temperatura, disminuyendo la relación P/T a intermedia.

TALUKDAR & LOUREIRO (1982), estudian la zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, desarrollan un modelo de tectónica de placas para la evolución del cinturón tectónico del área del Caribe describiendo cinco etapas consecutivas. Además interpretan que la mayoría de las rocas pelíticas, semipelíticas y psamíticas provienen de sedimentos acumulados sobre la plataforma, el talud y el levantamiento de un margen continental tipo Atlántico.

DE TONI BRUNO (1983), Realizó estudios de una zona entre Guacara y San Joaquín, estado Carabobo. Diferenciando siete unidades litológicas informales, reportó dos períodos de generación de pliegues correspondientes a dos períodos de deformación. La foliación regional manifiesta un rumbo generalizado que

oscila entre N/60°/E y N/80°/E y buzamientos principales que oscilan entre 30° y 60° tanto al norte como al sur.

OSTOS Y NAVARRO (1986), interpretan la evolución tectónica de la Cordillera de la Costa, considerando al Grupo Villa de Cura un remanente de un complejo arco-surco, que da origen a una cuenca marginal ubicada al sur de la Cordillera de la Costa y colocando a la Asociación Metasedimentaria Caracas como sedimentos del Jurásico tipo plataforma, metamorfizados en un régimen de P/T alta a intermedia, siendo resultado de una subducción hacia el norte y consecuente colisión del continente con el arco formado en la subducción.

RODRÍGUEZ (1986), establece la importancia económica de yacimientos de minerales no metálicos, como lo son los mármoles del estado Carabobo.

OSTOS (1987), estudia la Formación Peña de Mora y al revisar las texturas miloníticas asociadas a seis zonas de cizalla detecta que el bandeamiento de los gneis se hace más delgado cerca de la zona de cizalla, determinando que el transporte tectónico ocurrió desde el noreste hacia el suroeste con un movimiento dextral.

BARRIOS (1987), genera la cartografía geológica entre el Palito y Naguanagua a partir de la revisión de trabajos previos en la zona, reconociendo afloramientos de rocas metaigneas y metasedimentarias.

CONTRERAS (1988), establece una serie de unidades informales en el flanco sur de la Cordillera de la Costa, entre Valencia y Guacara, agrupadas en esquisto calcáreo grafitoso y mármol, esquisto cuarzo muscovítico albitico clorítico y cuarcita, serpentinita, esquisto cuarzo feldespático biotítico granatífero, y Gneis de Cabriales.

NAVARRO (1988), redefine un conjunto de rocas metamórficas como Fase Nirgua, formando parte de la unidad litodémica denominada Complejo de la Costa.

URBANI & OSTOS (1989), basándose en la isócrona del rubidio estroncio, obtienen una edad precámbrica a paleozoica para el Augengneis de Peña de Mora.

BELLIZIA & DENGÓ (1990), mencionan que la Cordillera de la Costa está compuesta por unidades tectónicas complejas, producto de la superposición de varias napas, aflorando discontinuamente por la acción de enormes fallas transcurrentes más jóvenes, dificultando la interpretación tectónica.

BELLO E ICHASO (1999), realizaron un estudio geológico y de factibilidad de materiales a ser usados como agregados gruesos para concreto, localizada en la “Hacienda El Cedro”, Bejuma, distrito Montalbán, estado Carabobo, con la finalidad de estimar reservas disponibles a ser explotadas por la empresa Cementos Caribe C.A. en los próximos años.

OMAHÑA (2002), integró la información existente de la Cordillera de la Costa, actualizando la cartografía geológica, y produciendo trece mapas geológicos a escala 1:25.000, además sintetizó toda la información petrográfica, descripción litológica, características estructurales y metamorfismo de la respectiva zona de estudio.

CAPÍTULO 2
GEOGRAFÍA FÍSICA

2. GEOGRAFÍA FÍSICA:

2.1.FISIOGRAFÍA Y RELIEVE:

El área objeto de estudio se encuentra ubicada en el flanco norte de la provincia fisiográfica Cordillera de la Costa, subprovincia Cordillera de la Costa Centro Occidental, específicamente en el área comprendida entre las coordenadas E613.500 –E617.500 y N1.158000-N1.155.500, al este de Borburata y al oeste de Patanemo, distrito Puerto Cabello del estado Carabobo (Hojas 6547IINE y 6647IIINO, Dirección de Cartografía Nacional), ver figura N° 3. El área cubierta es de aproximadamente de 12 km². La topografía se puede dividir en dos unidades, basadas en la fotointerpretación de las vistas 011-012-013 de la misión 0302140, del año 1984.

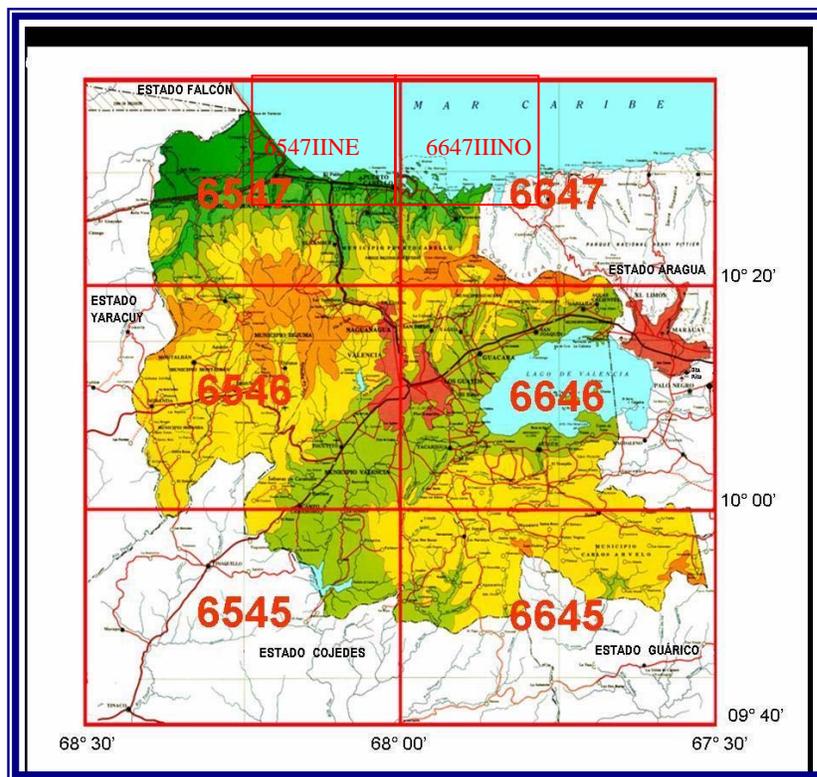


Figura 3: Mapa índice del estado Carabobo, proporcionado por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, 2003.

2.1.1. Unidad de filas alargadas muy estribadas:

Ocupa un 95% de la superficie del área de estudio, al sur de esta unidad se observa una montaña alineada muy estribada con orientación norte sur, esta montaña presenta topes redondeados con estructuras pseudo elípticas (tipo karst), y elevaciones que van desde 225 a 270 m, y cuyas laderas se observan simétricas con pendientes que van desde los 30 a 45° de inclinación, esta unidad hacia el norte se bifurca generando dos estribaciones.

Una de estas estribaciones posee una orientación N36°W, presentando topes redondeados a elípticos, una línea de cresta sinuosa, con alturas que van desde 0 a 275 m. Presenta en sus flancos pendientes que se estiman dentro de un rango que va desde 45 a 55° de inclinación, de comportamiento abrupto en ambos lados.

Esta estribación es la más contrastante de la unidad, debido a que posee las mayores elevaciones y la misma presenta los mayores afloramientos representativos del área de estudio, esta estribación está limitada al norte por la población de Gañango y el mar Caribe, al oeste por el río Borburata y el pueblo del mismo nombre, al este por la Unidad de Planicie Próxima Costera, y al sur por la zona de bifurcación de la estribación.

La estribación con orientación N20°E, se comporta de igual manera, ya que posee una línea de cresta sinuosa, con topes pseudo redondeados con alturas que van desde 0 a 220 m y flancos que se estiman entre los 35 a 50° aproximados de inclinación. Limita al norte por el Mar Caribe, al sur por la línea de bifurcación de las mismas, al oeste por la Unidad de Planicie Próxima Costera, y al este por el río Patanemo.

2.1.2. Unidad de planicie próxima costera:

Ocupa un 5% de la superficie del área de estudio, constituida por una zona deprimida ubicada en la parte central de la unidad de filas, con un área aproximada de 600m², presentando una altura de 3m sobre el nivel del mar, constituye el vestigio de una antigua ría. Presenta en su zona este dos pequeñas lagunas de agua dulce, remanente del aporte del drenaje secundario que se manifiesta en la zona. Esta planicie limita al norte con el Mar Caribe, al sur, este y oeste con la Unidad de Filas Alargadas muy Estribadas, constituye la denominada Ensenada de Mar Azul. Esta unidad es la menos contrastante debido a su poca relevancia, e importancia para el área de estudio.

2.2. DRENAJE:

El drenaje principal del área está constituido por los ríos Borburata y Patanemo. El río Borburata es de régimen permanente, se encuentra ubicado hacia el oeste de la zona de estudio, con una dirección N80W. Discurre meandriforme con evidencias de cause anastomosado en varias zonas de la llanura fluvial, encajado y adaptado a la topografía de la zona, este vierte sus aguas hacia el norte. El río Patanemo se comporta de igual manera adaptado a la topografía de la zona, con régimen permanente, está ubicado al este de la zona de estudio, con una dirección N65W, su canal presenta meandros amplios, vierte sus aguas hacia el norte descargándolas en el Mar Caribe.

Los drenajes secundarios tienen su origen en las cabeceras, son intermitentes, con un patrón enramado y medianamente densos, con redes subparalelas al drenaje principal, de poco encajamiento, debido a que ellas dependen de los meses lluvioso para su desarrollo.

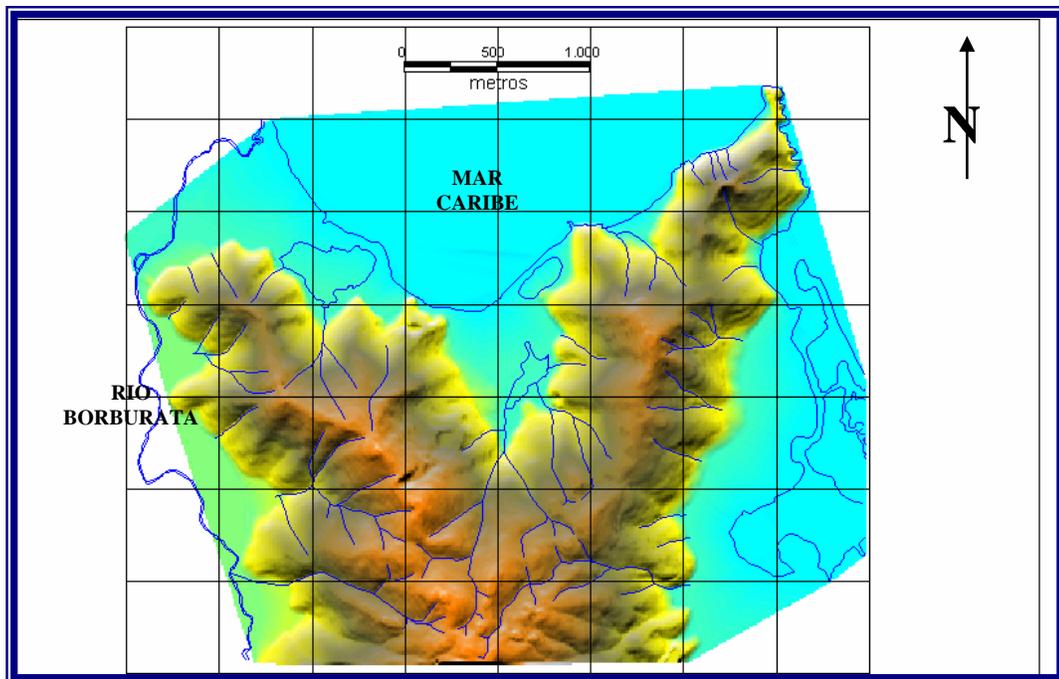


Figura 4: Expresión del drenaje de la zona de estudio

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA:

El desarrollo de esta investigación se realizó en forma de fases, el organigrama se puede apreciar en la figura 15.

3.1. Primera fase o investigación preliminar:

La primera fase incluye la búsqueda, revisión y recolección de información general sobre trabajos previos realizados en el área de estudio, revisión de las cartas topográficas a diferentes escalas, revisión de mapas geológicos del área, y la compilación de la información cartográfica geológica.

3.2. Segunda fase o trabajo de campo:

La segunda fase comprende la realización del trabajo de campo, efectuado durante veintidós días continuos, desde el lunes dos de mayo de dos mil cinco, hasta el lunes 23 de mayo del mismo año.

La casa campamento estaba ubicada en Patanemo, sector Las Palmas, y desde allí se realizaban los recorridos diariamente hasta cubrir el área denominada zona de interés, esta zona está compuesta por dos estribaciones en forma de “Y”, ubicadas entre el pueblo de Gañango y Patanemo, (ver mapa anexo).

Inicialmente se realizó un recorrido general con la intención de conocer las vías de acceso, y zonas de afloramiento.

Una vez en la casa campamento se desarrolló un plan de trabajo que contemplaba el levantamiento geológico de las zonas mencionadas a continuación: (Ver mapa anexo).

- Cantera Mar Azul
- Carretera entre canteras (Mar Azul y antigua Venegras, ahora denominada Cantera Tacarigua)
- Flanco Oeste brazo Patanemo
- Flanco Este brazo Patanemo
- Punta Bocaina
- Corte de Carretera entre Gañango y Patanemo
- Cantera Venegras I
- Cantera Venegras II
- Flanco Este del brazo Gañango
- Flanco Oeste de brazo Gañango
- Quebradas ubicadas en corte de carretera

El levantamiento geológico consistió en medir el rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en el área, descripción detallada de las rocas, medición de espesores, determinación de contactos geológicos, recolección e identificación de muestras de mano, captación de fotografías digitales, y la ubicación cartográfica de muestras de mano y afloramientos mediante el uso de un sistema de posicionamiento global G.P.S..

En la casa campamento se procedió a realizar un mapa geológico preliminar, con las mediciones realizadas en campo.

Se recolectaron 107 muestras de mano, plenamente identificadas y ubicadas en el mapa, compuestas por esquistos y mármoles presentes en el área.

3.3. Tercera fase o fase de laboratorio:

3.3.1. Petrografía microscópica:

Una de las técnicas de reconocimiento de minerales, es la observación directa de una petrografía o sección delgada de la muestra bajo el microscopio polarizador de luz. Mediante este instrumento se pueden estudiar no solo las propiedades ópticas de los minerales, sino también realizar un reconocimiento bastante exhaustivo de la composición mineralógica de la muestra, características texturales, preservación de los granos o cristales, entre otros.

3.3.1.1. Preparación de secciones delgadas:

El primer paso consiste en la preparación de secciones delgadas, la técnica a emplear varía con la naturaleza del material, el esmerilado de secciones delgadas de rocas compactas es un proceso rutinario, las rocas fracturadas deben ser firmemente cementadas con una sustancia penetrante aglomerante antes de montarlas sobre un cristal portaobjeto.

Las primeras etapas en la preparación de una muestra rocosa consisten en obtener una esquirla mineral con una superficie lisa apta para ser colocada sobre un portaobjetos. Esta esquirla se toma de la muestra aserrada en dimensiones adecuadas. Una esquirla ideal tiene 2cm² y 3mm de espesor (Kerr, 1965).

Seguidamente la esquirla es pulida en etapas sucesivas esmerilándola sobre una pulidora hasta alcanzar 0,03 mm de espesor. Cuando la sección ha sido pulida hasta su espesor adecuado, se lava para librarla del polvo de la pulimentación y se seca. Se unta con bálsamo de Canadá la superficie de la lámina, se calienta y se cubre con un cristal cubreobjeto. A continuación se retira el exceso de bálsamo de los

bordes del cubre objeto. La sección delgada queda así protegida y lista para su utilización.

3.3.1.2.El microscopio polarizante:

Se emplea universalmente para examinar los minerales transparentes, es particularmente utilizado para determinar las propiedades ópticas de los cristales individuales o agregados y en la interpretación de texturas en las secciones delgadas.

La técnica de observar la muestra con un microscopio de luz polarizada, consiste en dejar pasar un haz luminoso por un material polarizante que canalice la dirección de vibración del haz en un plano determinado. El haz luminoso polarizado al atravesar un medio óptico, se comporta de acuerdo a las propiedades ópticas del medio, permitiendo la identificación del mismo.

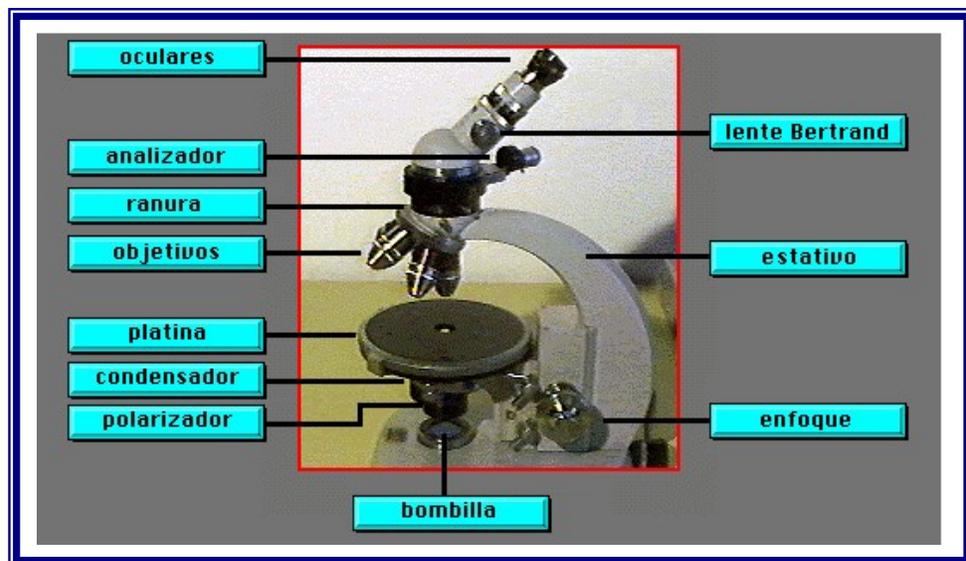


Figura 5: Microscopio Petrográfico.

Tomado de <http://edafología.ugr.es/optmine.htm>, Consulta: noviembre 2005.

3.3.1.3. Selección de secciones delgadas:

En esta investigación se escogieron un total de cincuenta muestras, distribuidas equitativamente en el área de estudio, compuestas por 37 mármoles y 13 esquistos, las secciones petrográficas fueron realizadas por técnicos del laboratorio del Instituto Geológico Minero de Venezuela, (Ingeomin), sede ubicada en la Alta Florida, Caracas.

3.3.2. Fluorescencia de Rx:

Método de análisis químico que permite determinar la identificación y el análisis, cualitativo, semicuantitativo y cuantitativo de elementos químicos.

Para producir un haz de rayos X fluorescente se requiere la eliminación de un electrón de las capas internas del átomo, lo que se produce cuando un haz primario de rayos X es absorbido parcialmente por la materia y lleva la suficiente energía para expulsar a los electrones internos de los elementos.

Cuando un haz primario atraviesa la materia su intensidad o potencia disminuye como consecuencia de la absorción y la dispersión. El espectro de absorción de un elemento es sencillo y consta de varios picos característicos para cierta longitud de onda que permiten identificar el elemento. Los picos de absorción se producen cuando la energía de un cuanto de rayos X iguala a la energía necesaria para expulsar a un electrón K de alta energía de un átomo.

Una vez vacante la capa K de un átomo determinado, se dan las interacciones necesarias para subir esa plaza, y es cuando ocurren las transiciones electrónicas desde los orbitales externos (L o M) a la capa K, es en este proceso cuando se generan cuantos de rayos X fluorescentes

cuyos espectros energéticos dependerán de las propiedades atómicas del elemento.

3.3.2.1. Medición de fluorescencia:

Los equipos que aplican estas técnicas constan básicamente de los siguientes componentes: una fuente, un dispositivo para restringir el intervalo de energía/longitud de onda utilizado (monocromador o filtro), un portamuestras, un monocromador o filtro secundario, un detector de radiación o transductor y un procesador de señales o dispositivo de lecturas (Figura 6).

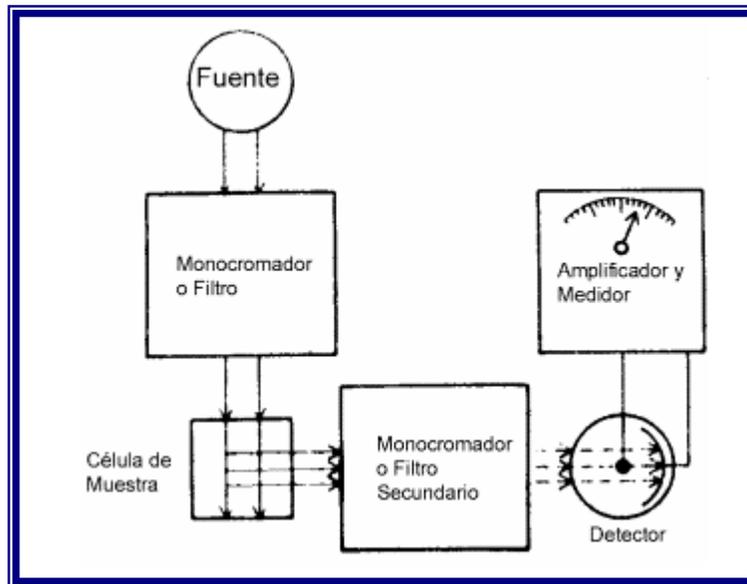


Figura 6: Componentes de un Fluorómetro o Espectrómetro, tomado de Bello e Ichaso (1999).

El método consiste en hacer que la radiación de una fuente apropiada atraviese el monocromador o filtro que sirve para transmitir la parte del haz que excitará la fluorescencia, pero excluye longitudes de onda que son posteriormente producidas por la muestra irradiada. La

muestra emite radiación fluorescente en todas las direcciones, pero se observan las perpendiculares al haz de luz de excitación. La radiación emitida llega a un detector fotoeléctrico después de atravesar un segundo filtro que aísla el pico fluorescente. La salida del detector es amplificada y exhibida en un medidor, un registrador o un osciloscopio.

3.3.2.2. Selección de las muestras para realizar análisis químico:

Se escogieron un total de treinta y siete muestras, cuatro esquistos y treinta y tres mármoles pertenecientes al área de interés.

Los análisis químicos fueron realizados en los laboratorios de Canteras La Concepción, ubicados en Yaritagua, estado Lara.

3.3.3. Teñido con Alizarin Red S.:

Según Zapata, (1983), el procedimiento consiste en sumergir de 2 a 3 minutos cada sección fina en una solución compuesta por 0,1 gramos de óxido de hierro Alizarín Red S. en 100 ml de ácido clorhídrico al 0,2%. Con esta solución la calcita se debe teñir de rojo, mientras que la dolomita no es afectada y permanece de incolora a blanca en sección fina.

El teñido fue realizado por técnicos pertenecientes a la Fundación Geos, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, de la Universidad Central de Venezuela.

3.3.3.1. Selección de muestras para realización de teñido:

De las secciones finas realizadas, se eligieron todos los mármoles para proceder a realizarle un teñido con Alizarin Red S., con el propósito de identificar las rocas de composición calcítica y las de composición dolomítica.

3.3.4. Difracción de Rayos X:

Este análisis consiste en identificar la mineralogía de las muestras. La técnica en forma general, reside en pulverizar la muestra y colocarla dentro de un portamuestra tabular, el portamuestra se coloca dentro del difractómetro que gira lentamente una vez que es sometido a la exposición de la radiación $X K\alpha$, un detector ubicado sobre un goniómetro gira el ángulo doble del portamuestra y como las partículas están dispuestas al azar se registrará un máximo de reflexión cuando un conjunto de partículas con familias de planos paralelos se dispongan con un ángulo tal que satisfaga la Ley de Bragg. Conociendo la longitud de onda del rayo $X K\alpha$ y el ángulo de incidencia θ , se puede calcular el espaciamiento d de esa familia de planos, tal que permita identificar familias hkl de planos.

La muestra es sometida a un barrido angular en el que todas las familias de planos presentes en un compuesto generarán un pico de reflexión que será registrado fotográfica o electrónicamente, la intensidad de cada pico es proporcional a la densidad atómica de las familias hkl de planos que producen la reflexión, el ángulo en el que aparece el pico es el ángulo de incidencia y de difracción del rayo.

Los espaciamientos d de miles de minerales y compuestos sintéticos se hallan en catálogos internacionales o en base de datos digitalizadas, comparando un

registro de una muestra desconocida con estos patrones se puede identificar al compuesto analizado.

En la figura 7 se representa el esquema básico funcional de un difractómetro de rayos X. La muestra de polvo se coloca sobre un portaobjeto metálico y tiene una superficie plana. Los rayos X provienen de un tubo con ánodo intercambiable (Mo, Cu, Fe, etc.), son colimados y filtrados antes de llegar a la muestra. Los rayos difractados son registrados electrónicamente y se muestran como picos en una cinta de papel milimetrado o son digitalizados y mostrados en pantalla, (Rodríguez “et al”, 2000).

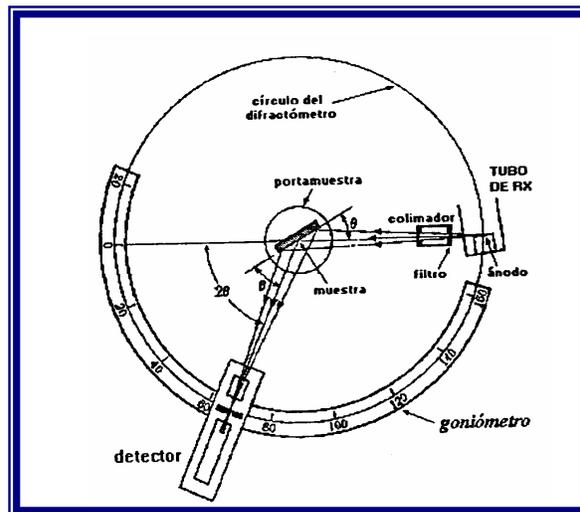


Figura 7: Partes de un difractómetro de rayos X. Tomado de Rodríguez “et al”, 2000

3.3.4.1.Preparación de la muestra:

3.3.4.1.1. Disgregación – pulverización de la muestra:

La muestra se disgrega con un martillo y un cincel sobre una lámina de hierro, posteriormente se remueven las zonas que presenten manchas por óxidos de hierro o costras de sulfatos o cuarzo, el trozo de roca más fresco se lava con agua desmineralizada, se obtiene un polvo fino de la muestra

mediante un proceso de molienda realizado en una máquina trituradora.

3.3.4.1.2. Montura desorientada

El polvo del paso anterior se monta en el porta muestras siguiendo las recomendaciones hechas por MOORE & REYNOLDS (1989):

- Se coloca un vidrio esmerilado a una placa de aluminio especial de difracción por el lado de incidencia de los rayos x, el vidrio se ajusta con cinta plástica transparente y se voltea el conjunto vidrio esmerilado - placa (Figura 8A).
- Se agrega el polvo fino con una espátula cuidando que esta se mantenga perpendicular a la superficie del aluminio para lograr la máxima desorientación (Figura 8A).
- Se llena el espacio de la plaquita con el polvo.
- Se coloca un vidrio normal ajustándolo también con cinta plástica transparente teniendo cuidado de no hacer mucha presión (Figura 8B).
- Se voltea el conjunto y se retira el vidrio esmerilado cortando las cintas con una hojilla (Figura 8C), de esta manera la cara de incidencia de los rayos X queda desorientada por la superficie esmerilada (Figura 8D).

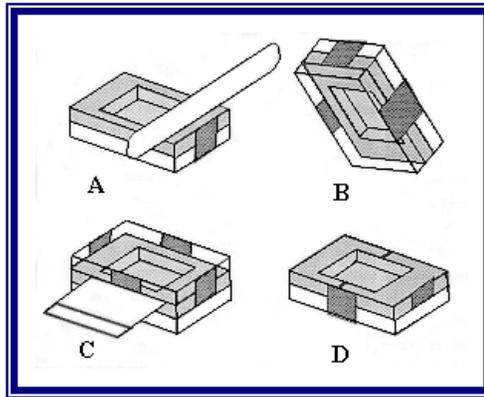


Figura 8: Método de preparación de montura del polvo desorientado. Tomado de Bello e Ichaso, 1999.

3.3.4.2. Procedimiento para realizar el análisis:

La lámina se fija dentro del instrumento con pinzas y se hace girar mientras es irradiada por un haz colimado de rayos X monocromáticos. Al mismo tiempo un detector de rayos X rota alrededor de la muestra para captar los rayos X producidos por la reflexión dentro de los cristales minerales. Cuando el goniómetro está en cero, el haz de rayos X es paralelo a la lámina y pasa directo al detector.

La lámina montada y el detector giran por medio de un motor, pero con engranajes distintos, de forma tal que la lámina gire q° , y el detector gire $2q^\circ$ para poder captar las reflexiones, de este modo la suma de reflexiones producidas por planos similares generan un “pico”. A medida que giran tanto la muestra como el goniómetro, se registran varios picos o familias de planos hkl (Figura 9). A cada pico corresponde un ángulo $2q$ el cual permite resolver la ecuación de BRAGG para una distancia d , conocida la longitud de la onda $K\alpha$ de la radiación utilizada.

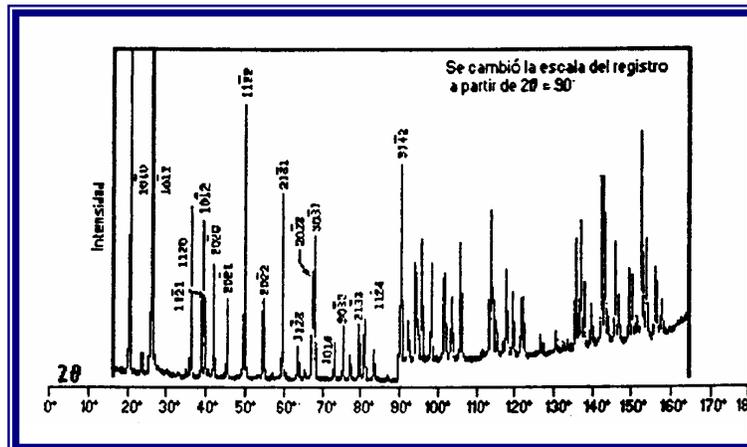


Figura 9. Ejemplo de un registro de un difractómetro donde la posición de los picos corresponden con los arcos o familias de planos hkl y su intensidad depende de la densidad atómica en esos planos. Tomado de Bello e Ichaso, 1999.

Los espaciamientos d_{HKL} de los minerales se hallan en catálogos internacionales o tarjetas de identificación. Las intensidades o alturas de los picos se reportan con respecto a la altura del pico máximo para cada mineral y dependen de la densidad atómica de las familias de planos que producen las reflexiones.(Bello e Ichaso, 1999).

3.3.4.3. Equipo:

El equipo usado para la difracción de rayos X consiste en un difractómetro marca Phillips propiedad del Laboratorio de Difracción de Rayos X de la Universidad Central de Venezuela, modelo del goniómetro PW-3020, modelo del generador PW-1130/96, modelo del detector 1711/90 ,usando filtro de cobre. La corrida es registrada por el software APD (automatic powder diffraction) código PW 1877, versión 3.5 B, subprogramas Cal-Dol (para corridas calcita – dolomita) y DESCO 30 (para roca total). Tomado de Bello e Ichaso (1999).

3.3.4.4. Selección de muestras para la realización de difracción de rayos X:

Se escogieron cinco muestras de mármoles, que presentaban contradicción entre los resultados obtenidos por teñido de carbonatos y la efervescencia ante ácido clorhídrico al 10%. La difracción fue realizada por técnicos perteneciente a la Fundación Geos en el Laboratorio de Difracción y Fluorescencia de rayos X, en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, de la Universidad Central de Venezuela.

3.3.5. Interpretación de unidades litológicas informales:

Una vez obtenidos los resultados de los análisis petrográfico, análisis químico, teñido con Alizarin Red S, y análisis por difracción de rayos X, se procedió a la integración de los datos, estableciendo las zonas con mayor concentración de mármoles, y se interpretaron las unidades litológicas informales.

3.3.5.1. Metamorfismo:

El metamorfismo es un proceso de transformación mineralógica y estructural de las rocas, en estado sólido, en respuesta a variaciones en las condiciones físicas y químicas existentes en el momento de formación de las mismas, (Winkler, 1976).

La temperatura y la presión son los factores físicos que controlan los procesos de metamorfismo, una determinada formación mineral, creada a una temperatura y presión dada, se vuelve inestable al cambiar las condiciones, los minerales reaccionan para formar una nueva asociación en equilibrio en las condiciones presentes.

En base al marco geológico es posible distinguir dos tipos de metamorfismo, uno de extensión local y otro de dimensiones regionales. El metamorfismo local incluye el metamorfismo de contacto y el metamorfismo cataclástico.

El metamorfismo de contacto ocurre en rocas que han sufrido un calentamiento en torno a intrusiones magmáticas, es un metamorfismo térmico, estático y de extensión reducida, que produce una aureola de rocas metamórficas alrededor del cuerpo intruso, carentes de esquistosidad,(Winkler, 1976).

El metamorfismo cataclástico se restringe a la proximidad de las fallas y cabalgamientos, donde la trituración mecánica y la cizalla causan cambios en la fábrica de las rocas. La roca resultante se conocen como brechas de fricción, milonitas o pseudotaquilitas, correspondiendo a un tamaño de grano decreciente. Durante estos cambios la roca recibe poco o ningún calor, por los que las reacciones químicas progresivas, de naturaleza metamórfica, entre los minerales, no tiene lugar, sin embargo ocurre una alteración secundaria debido a que las zonas de fractura proporcionan fácil acceso a los fluidos, (Winkler, 1976).

Un tipo de cambio mineralógico, en rocas que también son de extensión local ha sido denominado como metamorfismo hidrotermal, donde las soluciones gaseosas calientes han percolado las rocas a través de las fracturas, produciendo cambios mineralógicos.

El otro tipo de metamorfismo sucede a escala regional, ocurriendo en áreas que van de unas centenas a millares de kilómetros cuadrados de extensión. Se distinguen dos tipos de metamorfismo regional,

metamorfismo regional dinamotérmico y metamorfismo regional de soterramiento.

El metamorfismo regional dinamotérmico se relaciona geográfica y genéticamente con los grandes cinturones orogénicos. El metamorfismo se relaciona con la energía térmica, donde los cambios de asociación mineral de una zona a otra son la expresión de un aumento continuo de temperatura, que puede llegar a alcanzar posiblemente los 800 °C. El aumento de la energía térmica tiene lugar en una parte muy concreta de la corteza terrestre, es decir, en el momento del metamorfismo la temperatura a una profundidad dada es más alta que antes o después del evento térmico. El metamorfismo regional dinamotérmico tiene lugar sincrónicamente con movimientos penetrativos, generando estructuras esquistosas, corrientemente desarrolladas en rocas con minerales hojosos o de hábitos alargados, (Winkler, 1976).

El metamorfismo regional de soterramiento, no está relacionado genéticamente con la orogénesis o las intrusiones magmáticas. Es debido a un proceso sucesivo de soterramiento, donde las temperaturas alcanzadas, inclusive a grandes profundidades, son mucho más bajas que las alcanzadas durante el metamorfismo dinamotérmico. Además el movimiento penetrativo generador de la esquistosidad, si es que existe, es solo local y generalmente ausente. Debido a esto la fábrica de la roca original generalmente se conserva en gran parte, sin embargo la composición mineral varía.

Para describir y clasificar los procesos metamórficos, es necesario determinar el grado, las zonas y las facies metamórficas presentes. El

grado metamórfico está establecido por la intensidad de ocurrencia del metamorfismo, las zonas metamórficas están determinadas por la presencia de un mineral o de un grupo de minerales específicos, y las facies metamórficas relaciona rocas caracterizadas por un conjunto definido de minerales con las condiciones particulares bajo las cuales ocurrió el metamorfismo, Figura 10.

Una facies determinada incluye rocas con composiciones globales ampliamente diferentes, quedando implícita la variable composicional química, mientras que el número de facies expresa la variable física del ambiente bajo el cual se han formado las rocas Tilley (1924).

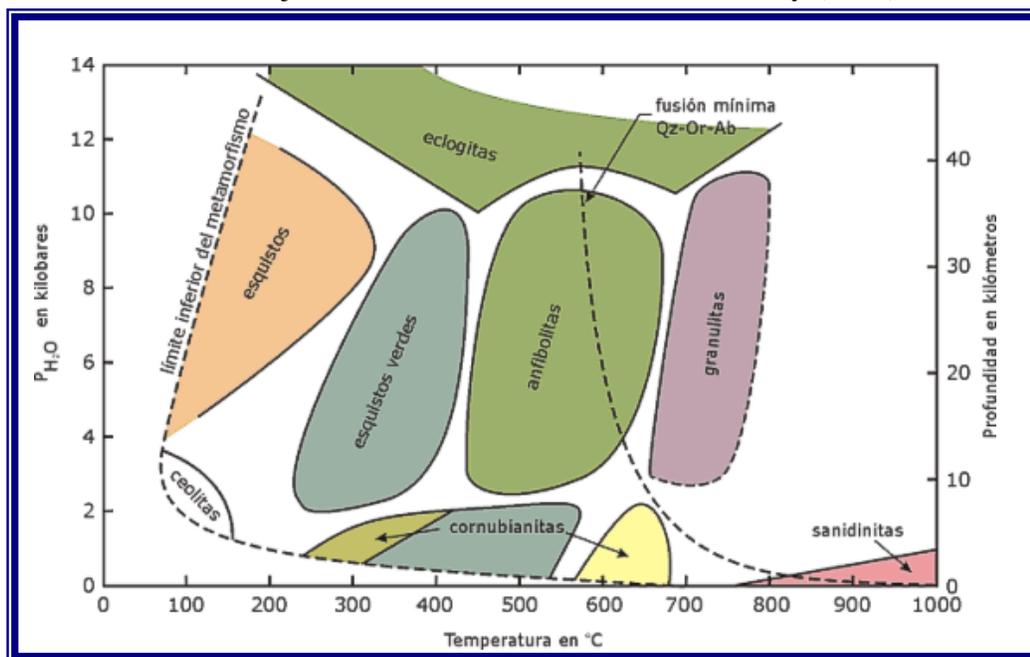


Figura:10 Facies Metamórficas, (Tomado y modificado de http://www.fagro.edu.uy/geologia/web/Mat_Apo/RyM/rym-4.htm, Consulta: Julio, 2005)

TABLA 2: CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE FACIES METAMÓRFICAS, MIYASHIRO (1973). TOMADO DE OMAÑA (2002).

RELACIÓN P/T BAJA			RELACIÓN P/T INTERMEDIA			RELACIÓN P/T ALTA		
FACIES Y ZONAS		MINERALOGÍA DIAGNOSTICA	FACIES Y ZONAS		MINERALOGÍA DIAGNOSTICA	FACIES Y ZONAS		MINERALOGÍA DIAGNOSTICA
ESQUISTOS VERDES	ZONA CLORITA	ALBITA CLORITA ACTINOLITA MOSCOVITA EPIDOTO BIOTITA	ESQUISTOS VERDES	ZONA CLORITA (BARROW)	CUARZO CLORITA ACTINOLITA EPIDOTO ALBITA BIOTITA MUSCOVITA	ESQUISTOS VERDES		ARAGONITO ACTINOLITA MOSCOVITA EPIDOTO ALMANDINO LAWSONITA JADEITA CUARZO
	ZONA BIOTITA			ZONA BIOTITA (BARROW)			CLORITA ACTINOLITA ALBITA CUARZO	
ANFIBOLITA	ZONA ACTINOLITA	HORNBLENDA PLAGIOCLASA INTERM. PLAGIOCLASA CÁLCICA	ANFIBOLITA	ZONA ACTINOLITA (BARROW)	ALBITA EPIDOTO HORNBLENDA BARROISITA ALMANDINO	ANFIBOLITA EPIDOTICA	ALBITA EPIDOTO HORNBLENDA CLORITA DIÓPSIDO ALMANDINO MOSCOVITA BIOTITA	TAN BAJO COMO 10°C / Km o menos
ANFIBOLITA		HORNBLENDA LABRADORITA OLIGOCLASA ANDESINA CLINOPIROXENO CLINOANFIBOL	ANFIBOLITA	ZONA DEL ALMANDINO	ANDESINA LABRADORITA HORNBLENDA OLIGOCLASA CLINOPIROXENO ALMANDINO	Las facies de la Anfibolita no han sido reportadas todavía		
↑ 25 ° C / Km ↓			↑ -15 ° C / Km ↓			↑ ↓		

TABLA 3: CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE FACIES METAMORFICAS, TURNER (1981), TOMADO DE OMAÑA (2002).

RELACIÓN P/T ALTA		
FACIES Y ZONAS	GRADO METAMORFICO	MINERALOGÍA DIAGNOSTICA
ESQUISTOS VERDES	BAJO	ZONA CLORITA CUARZO ALBITA CLORITA ACTINOLITA MOSCOVITA EPIDOTO ESFENA
		ZONA BIOTITA CUARZO ALBITA BIOTITA CLORITA ACTINOLITA ESFENA EPIDOTO
TRANSICIÓN	ALTO	ZONA ALMANDINO HORNBLENDA CLORITA EPIDOTO ALBITA ALMANDINO
ZONA ANFIBOLITA EPIDOTICA		
ANFIBOLITA		PLAGIOCLASA (AN>25) HORNBLENDA DIÓPSIDO BIOTITA CUARZO

URBANI & RODRÍGUEZ 2002, La zona de estudio corresponde a un terreno adosado debido a la interacción por la colisión de las placas Caribe y Sudamérica, con unidades que corresponden a un margen pasivo de corteza continental, por lo tanto se está en presencia de un metamorfismo regional dinamotermal, dentro de la facies de los esquistos verdes (zona de la clorita y zona de la biotita) y la facies transicional (zona del almandino) entre los esquistos verdes y la anfibolita; típico en la convergencia de placas (subducción de corteza oceánica debajo de corteza continental, el cual se basa en efectos térmicos y de presión (alta relación P/T). En general los efectos de presión están constituidos por la presión litostática debido a la carga generada por efecto del peso de las rocas suprayacentes y del esfuerzo elástico, que actúa deformando la roca y generando foliación o esquistosidad al causar rotaciones de minerales en la roca metamórfica, esto ocurre en cinturones orogénicos a lo largo de los bordes de placas convergentes.

3.3.5.1.1. FASES DE DEFORMACIÓN Y SUS TEXTURAS METAMÓRFICAS:

El metamorfismo regional desarrolla una serie de texturas que determinan las diferentes fases de recristalización presentes en el área, estas fases de recristalización se denominan pre-tectónicas, sin-tectónicas y post-tectónicas.

3.3.5.1.1.1. Fase Pre-tectónica:

La roca presenta reliquias distintivas pretectónicas con efectos de deformación expuestas en la figura 11:

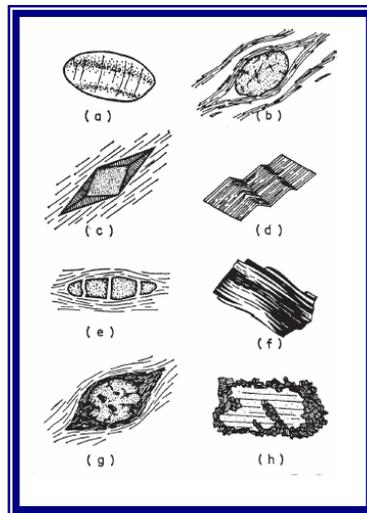


Figura 11: Microestructuras de deformación pretectónico, tomado y modificado de Spry, Alan, 1979, “*Metamorphic Textures*”.

- Extinción ondulatoria y lamelas de deformación en cristales de cuarzo **(a)**
- Sombras de presión alrededor de un granate **(b)**
- Franjas de presión alrededor de pirita **(c)**
- Kinks de biotita **(d)**
- Granate con fracturación o microbudinado **(e)**

- Maclas polisintéticas dobladas en plagioclasa (**f**)
- Granate transformado en sus bordes por clorita y con sombras de presión (**g**)
- Cristal de anfíbol con sus bordes transformados en pequeños cristales del mismo mineral (**h**).

3.3.5.1.1.2. Fase sin-tectónica:

Durante esta fase los minerales se forman al mismo tiempo que ocurre la deformación, pudiendo tener minerales pre-tectónicos que han sido rotados y también minerales post-tectónicos que han ido creciendo a lo largo de la foliación existente, figura 12:

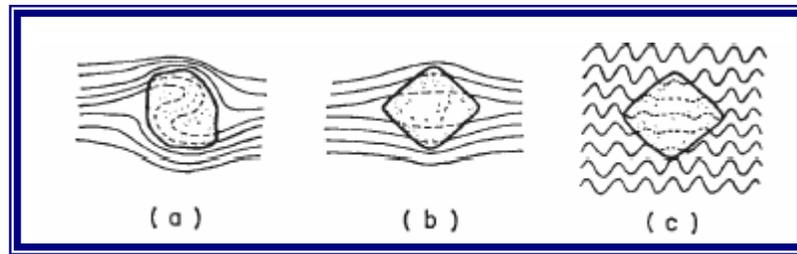


Figura 12: Criterios fundamentales de crecimiento sintectónico, tomado y modificado de Spry, Alan, 1979, "Metamorphic Textures."

- Porfiroblasto con estructura en bola de nieve (**a**)
- Desarrollo progresivo de una sombra de presión (**b**)
- Estructura helicítica (**c**)

Los efectos texturales presentes en esta fase son los siguientes:

- Esquistosidad, mostrando orientación preferencial en la disposición de los cristales.
- Granate en forma de bola de nieve, donde se aprecia que el cristal de granate presenta una disposición en forma de “S” en su estructura interna.

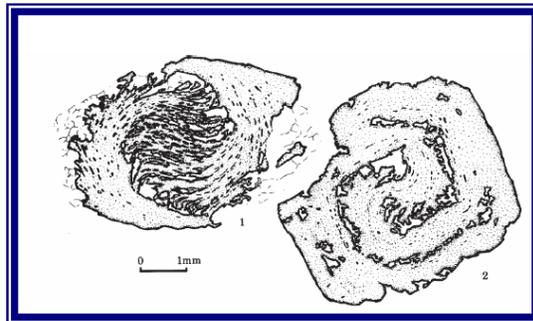


Figura 13: Dos ejemplos de estructura en forma de “bola de nieve” en granate, tomado y modificado de Spry, Alan, 1979, “*Metamorphic Textures*”.

- Cristales porfidoblásticos achatados durante su crecimiento por la foliación preexistente.
- Textura Poiquiloblástica, donde pequeños cristales se observan dentro de porfidoblastos.
- Porfidoblastos ondulados durante su crecimiento conjuntamente con la foliación preexistente.

3.3.5.1.1.3. Fase Post-Tectónica:

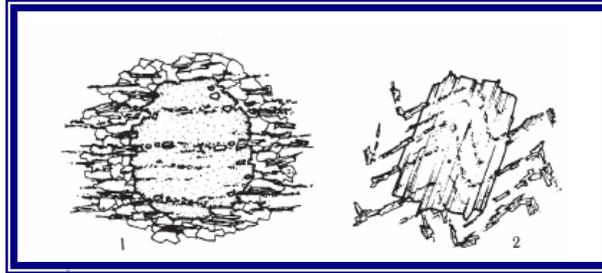


Figura 14: Estructuras con crecimiento post-tectónica, en 1 un porfidoblasto ha crecido estáticamente sobre una foliación. En 2 el porfidoblasto ha crecido sobre una crenulación que está perfectamente igual aplastada dentro que fuera de él, indicando ausencia de aplastamiento posterior a su crecimiento, tomado y modificado de Spry, Alan, 1979, “*Metamorphic Textures.*”

Corresponde a los minerales que se forman posteriormente a la deformación, presentando los rasgos característicos mencionados a continuación:

- Estructuras helicítica en cristales de albita.
- Presencia de micas cruzadas, exhibiendo dos patrones de orientación.
- Poligonización de micas en forma de un pliegue.
- Cristales con centro helicítico asociados a estructuras con bandeamiento discordante a la foliación.
- Granate mostrando en el centro rotación sintectónica con bordes idioblásticos post tectónico.
- Múltiples cristales de clorita pseudomórficos dispuestos al azar dentro de un cristal de granate.

3.4. Cuarta fase:

La cuarta fase consistió en la realización de los cortes y mapas geológicos definitivos, los cálculos de reservas estimadas, mediante la utilización de método de secciones verticales, procediendo además a realizar los análisis de los resultados y el planteamiento de las conclusiones y recomendaciones, para posteriormente elaborar el informe final de esta investigación.

3.4.1. Mapas Geológicos definitivos:

Se realizó la vectorización de los mapas base, (HOJAS H14 Y H15 Puerto Cabello – Morón, Estado Carabobo), mediante el uso de el “software” Autocad, versión R-14, de la compañía Autodesk, generándose un mapa topográfico y un mapa geológico, ambos a escala 1:10.000.

3.4.2. Cortes Geológicos:

Para la realización de los cortes geológicos se utilizaron los mapas topográficos, HOJAS H14 (a escala 1:5000) y H15 (a escala 1:10.000), Puerto Cabello – Morón, adquiridos en Cartografía Nacional. Sobre los cuales se trazaron los contactos entre las unidades litológicas informales interpretadas en este estudio, los cortes longitudinales a los cuerpos de mármol presentes y un total de 60 secciones geológicas perpendiculares a los cortes longitudinales, (27 a escala 1:10.000 y 33 a escala 1:5.000), Ver anexos.

Los cortes geológicos se hicieron distanciados a 25 y 50m, en la zona donde se ubica la Cantera Venegas I, se realizaron los cortes a cada 25m donde afloraba el mármol y a 50m donde se infería su existencia por estar cubierto.

En los afloramientos de las Canteras Venegras II y Mar Azul se realizaron los cortes a cada 25m.

A los efectos de esta investigación, estas secciones corresponden a los perfiles geológicos trazados en los tres sectores de la unidad de mármol y denominados perfil Ge1 a Ge21, ubicados al este de brazo Gañango y Gw1 a Gw12 para los ubicados en el lado oeste de brazo Gañango pertenecientes a la cantera Venegras I, Pw0 a Pw10, ubicados al oeste de brazo Patanemo, y Pe11 a Pe27 para los ubicados al este de brazo Patanemo, pertenecientes a la Cantera Venegras II , En los cortes denominados Ge1 a Ge14 están incluidos los mármoles pertenecientes a La cantera Mar azul, (ver mapa anexo).

Estos perfiles fueron realizados tomando como datum horizontal o límite base la cota 35 para la zona que incluye Venegras I, la cota 5 para los ubicados en Cantera Mar Azul y la cota 15 para los mármoles pertenecientes a Venegras II, debido a que estas son las menores cotas donde aflora la unidad de mármol.

El área de cada sección fue calculada realizando inicialmente los cortes geológicos a mano, sobre papel milimetrado, y posteriormente fueron digitalizados y vectorizados con el “software” Autocad 2006, versión R14 de la compañía Autodesk, con el propósito de obtener valores más acertados sobre áreas delimitadas.

3.4.3. Cálculo de reservas estimadas:

Se toman para la estimación de reservas solo los materiales que constituyen la unidad de Mármol, en este sentido, se incluyen las calizas y dolomitas que afloran en las canteras Venegras I, Venegras II y Mar Azul.

Fue necesario realizar los cálculos en tres sectores, cuya ubicación viene dada por los afloramientos presentes en el área.

El volumen a evaluar se consigue a partir de un área promedio entre dos secciones contiguas. Al multiplicar esta área por la distancia que separa a las dos secciones, se obtiene el volumen del material respectivo. Este procedimiento se visualiza en la siguiente expresión:

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} * D$$

Donde :

V. volumen parcial de las reservas.

A₁ y **A₂** son las áreas de las secciones contiguas y

D: es la distancia entre las secciones contiguas.

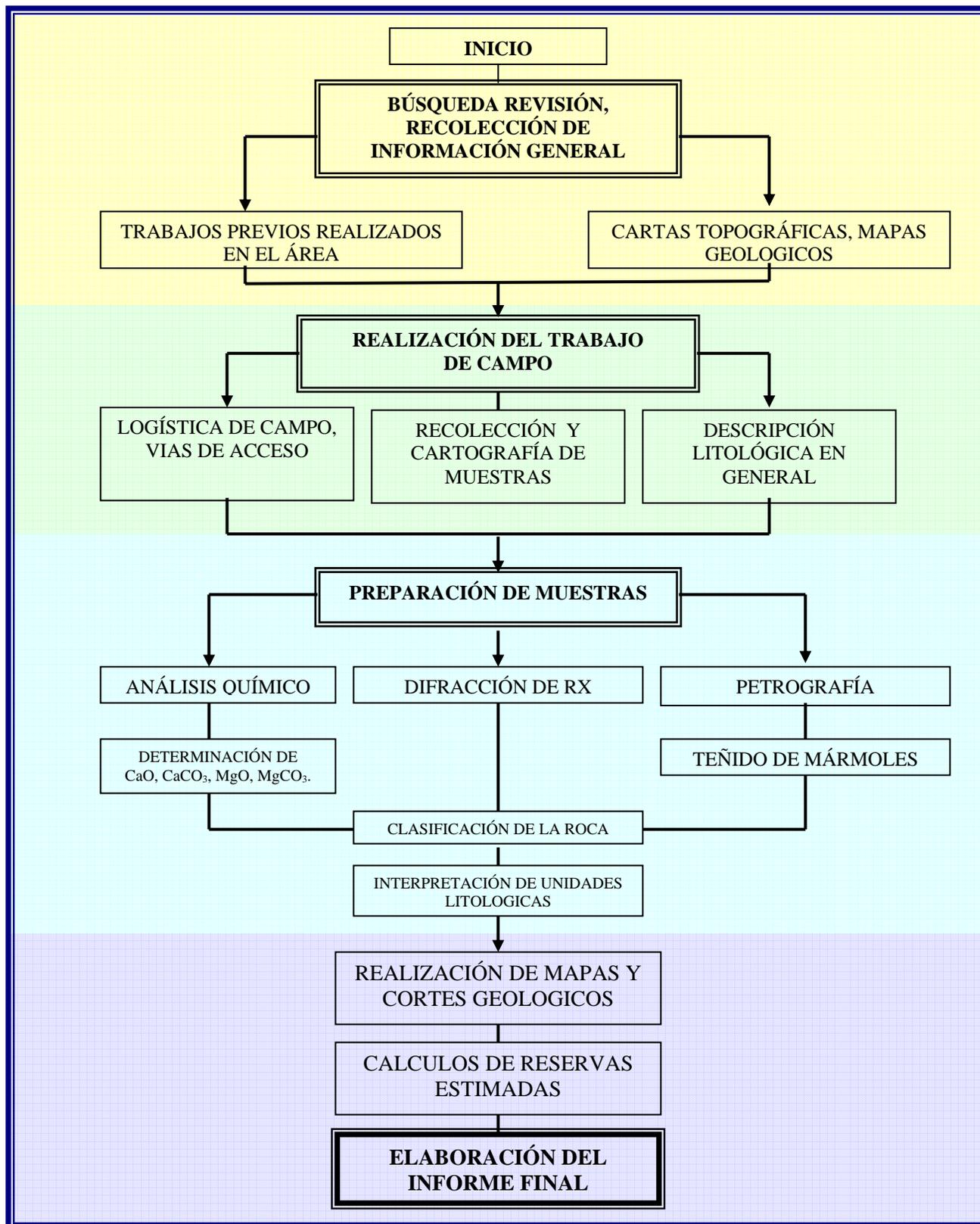


Figura 15: Flujograma de Actividades

CAPÍTULO 4
GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio está ubicada en la zona centro occidental de la Cordillera de la Costa, la zona está incluida en el mapa geológico de la región de Borburata, hoja 6647-III-NO a escala 1:25.000, figura 16, constituida por la siguiente litología:

- Asociación Metamórfica La Costa:
 - Complejo Nirgua (CN)
 - Eclogita Anfibolítica Granatífera
 - Mármol de Antímamo (CA)
- Asociación Metamórfica el Ávila

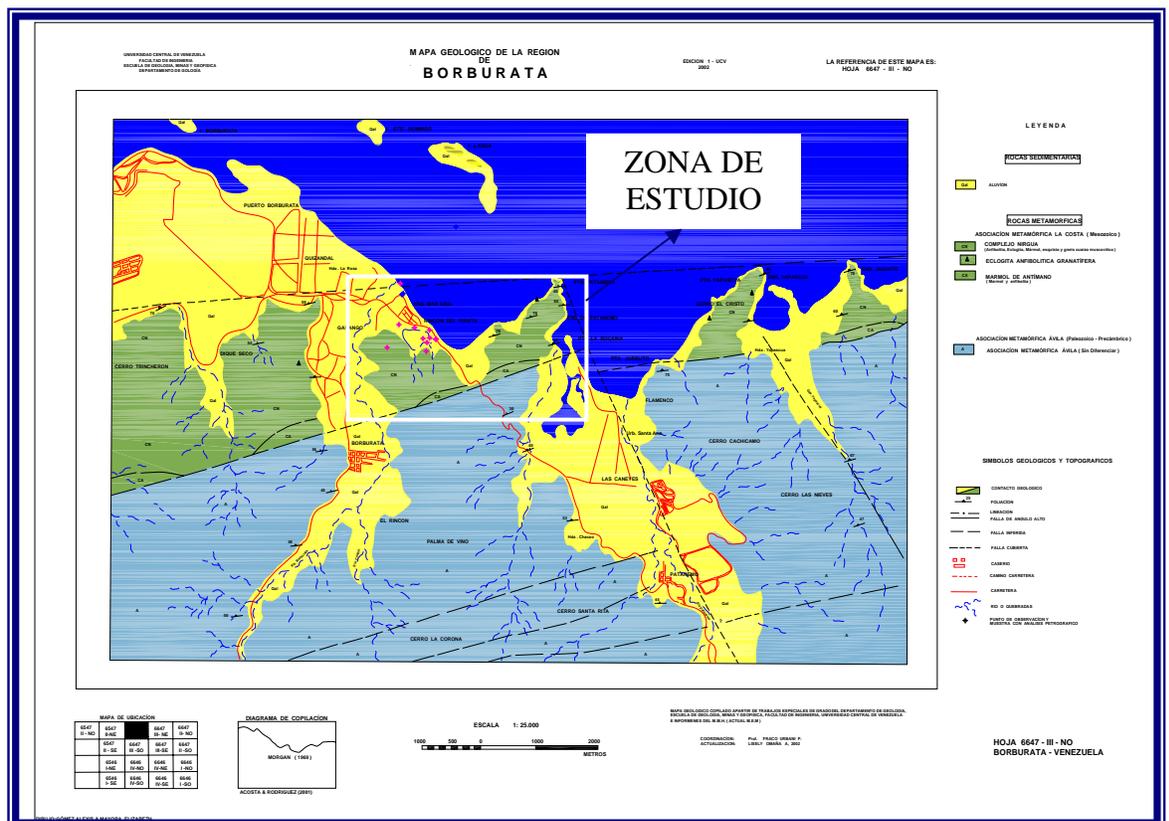


Figura 16: Mapa Geológico de la región de Borburata, Tomado y modificado de Omaña (2002).

4.1.1. ASOCIACIÓN METAMÓRFICA LA COSTA:

TABLA 4: ASOCIACIÓN METAMÓRFICA LA COSTA

ASOCIACIÓN METAMÓRFICA DE LA COSTA:	
REFERENCIA ORIGINAL:	M. Ostos, E. Navarro y F. Yoris, 1987, p.17.
CONSIDERACIONES HISTÓRICAS	
Ostos “et al”. (1987)	Describen la unidad litodémica de corrimiento la Costa, agrupando en ella a las rocas correspondientes a las fases Nirgua, Tacagua y Antímáno
Navarro “et al”. (1988)	Mantienen el mismo concepto pero denominan como Complejo la Costa a este mismo conjunto de rocas.
Urbani y Ostos (1989), Urbani “et al”. (1989a, 1989b)	Presentan la cartografía geológica de este Complejo desde Morón, estado Carabobo, hasta Cabo Codera, estado Miranda.
LOCALIDAD TIPO	
Implícita en los afloramientos costeros del Litoral Central, estado Vargas. Hoja 6747, escala 1:100.000, Cartografía Nacional.	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
Está constituido por una mezcla compleja de litologías fundamentalmente esquistos de variada mineralogía, mármol, anfíbolita glaucofánica, eclogita, rocas metavolcánicas, en fin todos aquellos tipos de rocas constituyentes del Mármol de Antímáno, Esquisto de Tacagua, y Anfíbolita de Nirgua, que conforman la Asociación. Dentro de la Asociación están incluidos numerosos y dispersos cuerpos de serpentinita que han sido reportados entre otros por Hess “et al”. (1952), Dengo (1951) y Wehrmann (1972).	
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	
Aparece como una franja casi continua desde la zona de Nirgua, estado Yaracuy, Hasta Cabo Codera, estado Miranda.	
CONTACTOS	
En todos los casos se han interpretados como contactos tectónicos, donde en algunos sectores se desconoce su tipo, mientras que en otras zonas son fallas de corrimiento (Ostos 1990, p. 102)	
CORRELACIÓN	
Beck (1985, p384, 1986) correlaciona las asociaciones ofiolíticas de su “Franja Costera Margarita” con aquellas de su “Napa de Loma de Hierro”.	

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

4.1.1.1.COMPLEJO NIRGUA (CN):

TABLA 5: COMPLEJO NIRGUA

ANFIBOLITA DE Nirgua	
REFERENCIA ORIGINAL:	A. Bellizia y D. Rodríguez 1967, p.262.
CONSIDERACIONES HISTÓRICAS	
Bellizia y Rodríguez (1967)	Introducen este nombre con una descripción somera, que posteriormente amplían (1968) para incluir una secuencia de rocas metamórficas con predominio de rocas anfibolíticas en la parte central a norte del estado Yaracuy, incluyéndola en el grupo de los Cristales.
González (1972) y Bellizia y Rodríguez (1976)	Continúan su cartografía y amplia su descripción
Ostos (1981)	Define en la zona del Macizo del Ávila su “Unidad de esquistos anfibólicos y anfibolitas” que luego fue correlacionado con Nirgua.
Beck (1985, 1986)	Ubica esta unidad en su Franja Costera Margarita.
Navarro “et al”.(1988)	Redefine estas rocas como fase Nirgua, formando parte de su unidad litodémica de corrimiento que denominan como Complejo la Costa, que reúne adicionalmente a las fases Antímano y Tacagua.
Urbani y Ostos (1989) y Urbani “et al”. (1989 a, b)	Aceptan el criterio de Navarro “et al”. (1988), y utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Caraballeda y Oritapo a la Sabana, estado Vargas, y El Palito-Morón-Valencia, estado Carabobo, han sido objeto de particular interés petrológico, por su importancia en la interpretación de la Evolución de la Cordillera de la costa (Morgan 1966, 1968, 1969, 1970, 1971; AveLalleman y Sisson, 1992 a,b).
LOCALIDAD TIPO	
Fue señalada como el Rfo Nirgua sin mayores detalles de localización, señalan buenas secciones expuestas en los ríos y quebradas que disectan las Serranías de Aroa, Santa María, Nirgua, Tucuragua, estado Yaracuy. Hoja 6446, escala 1:100.000, Cartografía Nacional.	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
<p>Rodríguez y Bellizia (1968, 1976) describen cinco tipos de rocas diferentes de rocas anfibólicas. Morgan (1966, 1968, 1969, 1970, 1971) presenta una descripción detallada de las rocas eclogíticas en la zona de Taborda-Puerto Cabello, estado Carabobo.</p> <p>Bellizia y Rodríguez (1976) incorporan en esta unidad a dos horizontes de yeso que se encuentran en la Serranía de Aroa, si bien se desconocen las relaciones con las rocas circundantes.</p> <p>Los autores originales incluyen en esta unidad a variados tipos litológicos como: Esquistos cuarzo-micáceo, micaceo-grafitoso, mármol masivo, anfibolita eclogítica, anfibolita epidótica y granatífera, cuarcita, esquistos y gneis cuarzo-micáceo-feldespático.</p> <p>Las rocas carbonáticas se presentan en forma de lentes o capas bastantes continuas, bien expuestas en la Carretera Nirgua Chivacoa, estado Yaracuy. El mármol masivo y recristalizado es de color gris oscuro con calcita (85%), moscovita (4%), grafito (3%) y cantidades menores de clinzoisita, zoisita, albita, piritita, prenhita, clorita y cuarzo. Algunos pequeños cuerpos de Mármol dolomítico se presentan asociados a bandas de esquistos cuarzo-tremolítico, cuarzo moscovítico-clorítico-granatífero y anfibolita.</p> <p>Ostos (1981) en el macizo de el Ávila, menciona la presencia de Anfibolita granatífera, esquistos actinolítico, anfibolita epidótica, anfibolita feldespática, epidocita, mármol cuarcífera, esquistos feldespático-muscovítico y gneis feldespático.</p> <p>En la zona de Oricao-Chichiriviche-Puerto Cruz, estado Vargas y estado Aragua, Talukdar y Loureiro (1982) y Ostos (1990, p.53) indican que esta unidad está constituida por anfibolita granatífera, serpentinita, esquistos cuarzo-granatífero-feldespático-biotítico, mármol cuarcífero, en otros lugares encuentra cuarcita y esquistos glaucofánicos. Las anfibolitas y los esquistos tienen porfidoblastos de granate de hasta 1 cm de diámetro. Las rocas pueden haber pasado por dos etapas metamórficas, una primera de alta relación P/T (Facies de eclogita) y posteriormente de baja relación P/T (Facies de los esquistos verdes)</p>	

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

Continuación Tabla 5: Complejo Nirgua

ANFIBOLITA DE Nirgua (CONTINUACIÓN)
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA
Aflora como una extensa franja desde la zona de Chivacoa en el estado Yaracuy, continuando hacia la zona de Morón-Puerto Cabello, prolongándose como una extensa franja casi paralela a la costa, por el estado Aragua y culminando cerca del poblado de la Sabana en el estado Vargas.
CONTACTOS
Al sur de Chichiriviche, estado Vargas, Ostos (1990) interpreta un contacto de falla de corrimiento con el Augengneis de Peña de Mora. Urbano "et al".(1989) igualmente interpretan como tectónicos los contactos de esta unidad, con aquellas adyacentes.
FÓSILES
Bellizia y Rodríguez (1968) señalan la presencia de fósiles (Tintinidos o Calpionelas) de probable edad Neocomiense en las metapelitas de esta unidad en el estado Yaracuy.
EDAD
Probable edad Mesozoica
CORRELACIÓN
Se correlaciona con el Mármol de Antímano y el Esquisto de Tacagua de la misma Asociación.
PALEOAMBIENTE
González de Juana "et al". (1980, p.328) postulan que esta unidad, al igual que Antímano y Tacagua representan un melange tectónico, idea que es aceptada y ampliada por Ostos (1990), quien sugiere de igual forma que representa un melange tectónico formado por un prisma de acreción, mientras que por sus estudios geoquímicos de las anfibolitas, demuestran una afinidad magmática toleítica, sugiriendo un ambiente tectónico de dorsal centro oceánica o de cuenca marginal.

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

4.1.1.2.. MÁRMOL DE ANTÍMANO (CA):

TABLA 6: MÁRMOL DE ANTÍMANO

MÁRMOL DE ANTÍMANO	
REFERENCIA ORIGINAL:	G. Dengo, 1951, p. 63-64.
CONSIDERACIONES HISTÓRICAS	
Dengo (1951)	Describe formalmente esta formación con la localidad tipo en la zona de Antímano, Distrito Capital, pero algunos de los cuerpos de esta unidad según dicha descripción de Dengo habían sido identificados previamente como pertenecientes a la Fase Zenda de la Formación las Brisas (Dengo, 1947), o como parte de la Formación Las Mercedes (Aguerrevere y Zuloaga, 1937; Smith, 1952)
MacLachlan “et al”. (1960), Feo Codecido (1962), Werthmann (1972), González (1972)	Extienden esta unidad hacia los estados Miranda, Aragua y Carabobo.
González de Juana “et al”. (1980, p. 314)	Son los primeros en interpretar que esta unidad probablemente “representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica”
Ostos “et al”. (1987), Navarro “et al” (1988)	La redefinen como Fase Antímano, formando parte de su unidad litodémica de corrimiento que denominan como complejo de la Costa, que reúne adicionalmente a sus fases Tacagua y Nirgua.
Urbani y Ostos (1989) y Urbani “et al” (1989)	Utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Macuto, estado Vargas, y El Palito-Morón-Valencia, estado Carabobo.
LOCALIDAD TIPO	
Dengo (1951) establece la localidad tipo a 0,5 km al norte de Antímano, Distrito Capital (Hoja 6847, escala 1:100.000, Cartografía Nacional) Cuyos afloramientos hoy día están totalmente cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas. Muy buenos afloramientos aún están visibles en las canteras de la quebrada Mamera.	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
<p>Dengo (1951) describe esta unidad como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de piritita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceo, y asociado con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de “Boudinage”. El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y piritita (2%).</p> <p>Dengo (1950) describe con detalle las anfibolitas glaucofánicas de esta unidad, incluyendo análisis químicos, indica que los mármoles son rocas estructuralmente competentes en comparación que los esquistos que los rodean, pero incompetentes en relación con las rocas anfibólicas, mostrando pliegues de flujo alrededor de ellas y resultando así la estructura de boudinage.</p> <p>Schurmann (1.950) igualmente estudia estas rocas glaucofánicas, presentando un mapa detallado de los diversos tipos litológicos aflorantes en el sector de Antímano y Mamera.</p> <p>Ostos (1981) describe en la región del Camino de las Españoles su unidad de “Esquistos cuarzo-muscovíticos y mármol cuarcífero” equivalente a esta unidad, encontrando los siguientes tipos litológicos: esquistos cuarzo-muscovítico, mármol y esquistos calcáreo, esquistos cuarzo feldespáticos y feldespático, cuarcita muscovítica feldespática, epidocita y glaucofanita granatífera.</p> <p>Talukdar y Loureiro (1982) en la cartografía geológica de la zona de Puerto Cruz-Mamo, reconocen su “Unidad de anfibolitas y Mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989), la denominan como Fase Antímano, allí ocurre la Asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreo – muscovítico±granatífero, esquistos cuarzo-muscovítico-glaucofánico-granatífero.</p> <p>Urbani “et al”. (1989) Menciona en la zona de El Palito, estado Carabobo, la asociación de Anfibolita granatífera-clinopiroxénica, anfibolita granatífera, eclogita, anfibolita epidótica, plagioclasa, mármol, cuarcita y esquistos cuarzo-plagioclásico-muscovítico)</p> <p>Ostos (1990) describe algunas de las rocas de esta unidad aflorantes en la sección Chichiriviche-Colonia Tovar, siendo anfibolita granatífera y esquistos albitico-clorítico. La anfibolita tiene porfidoblastos de granate, mientras que el esquistos los tiene de albita con sombras de presión simétricas y bien desarrolladas. Las asociaciones mineralógicas metamórficas indican un primer evento de alta relación P/T en la facies de la eclogita, posteriormente ocurre un segundo evento metamórfico de P/T intermedia en la facies de los esquistos verdes.</p> <p>Cantisano, (1.989) enuncia que en la zona de Antímano y Mamera, Distrito Capital, los lentes de mármoles y rocas anfibólicas que alcanzan a veces rocas de grandes dimensiones longitudinales, se hallan inmersos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes al Esquistos de Las Brisas.</p> <p>Urbani (1997) estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta oeste de la bahía de Chichiriviche, estado Vargas, encontrando que carecen de dolomita, mientras que aquellas de Mamera lo presentan en muy pocas muestras y en muy bajas concentración.</p>	

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

Continuación Tabla 6: Mármol de Antímamo

MÁRMOL DE ANTÍMAMO (CONTINUACIÓN)
ESPESOR
Considerando A la foliación como plano de referencia, el espesor aparente de esta unidad es de 40m en la localidad tipo, según Dengo (1951), disminuyendo hacia el este y el oeste. Al sur de San Pedro, Smith (1952) indicó un espesor aparente máximo de 300m.
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA
Se han descrito afloramientos aislados desde la zona de Antímamo, hacia el oeste y en San Pedro y hacia el este hasta La Florida (afloramientos hoy cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas), continúa la zona de afloramientos en una franja en el valle de la quebrada Tacagua, y de ahí hacia el oeste como una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma, estado Vargas. El mayor de los cuerpos de mármoles de esta unidad fue cartografiado por Smith (1952) al sur de San Pedro y Lagunetas, estado Miranda con una extensión de unos 6 x 1,5 km. Los afloramientos más occidentales se han reconocido en la zona del Palito, estado Carabobo.
CONTACTOS
Cantisano (1989) interpreta como de falla de corrimiento el contacto con el Esquisto de Las Mercedes, e indica que los contactos son estructuralmente concordantes tanto con los esquistos de Las Mercedes y Las Brisas.
Estratigráficamente se infiere la edad Mesozoico medio a superior. Según modelos de evolución de la Cordillera de la Costa de Ostos "et al". (1987) y Navarro et al. (1988) se sugiere sea del Cretácico.
CORRELACIÓN
Bellizia y Rodríguez (1968, 1976), González (1972) y Whermann (1972) correlacionan esta unidad con la Anfibolita de Nirgua, mientras que Ostos et al. (1987), Navarro et al.(1988) y Ostos (1990) la correlacionan con sus fases Tacagua y Nirgua, integradas en su Unidad Litodémica que denominan Complejo La Costa.
PALEOAMBIENTE
Maresh (1974), Talukdar y Loureiro (1982) y Beck (1985, 1986) postulan que las rocas anfibólicas de esta unidad se derivaron de basaltos relacionados con un evento de "rifting" Mesozoico entre Norte y Sur América. Ostos (1990) por sus estudios geoquímicos interpreta que las anfibolitas corresponden a basaltos metamorfizados, que fueron formados en un ambiente de cordillera centro oceánica.

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

4.1.2. ASOCIACIÓN METAMÓRFICA EL ÁVILA :

TABLA 7: ASOCIACIÓN METAMÓRFICA EL ÁVILA

ASOCIACIÓN METAMÓRFICA ÁVILA	
REFERENCIA ORIGINAL:	F. Urbani y M. Ostos (1989, p. 207)
CONSIDERACIONES HISTÓRICAS	
<p>Las rocas atribuidas actualmente a esta unidad, son las que afloran en el macizo de El Ávila, por consiguiente han sido estudiadas en mayor o menor detalle por numerosos autores, desde que A. Humbolt y A. Bompland ascienden la Silla de Caracas en 1800. Los estudios modernos se inician con los trabajos de Aguerrevere y Zuloaga (1937), siguiendo entre otros, Dengo (1951) y Wehrmann (1972). Urbani y Ostos (1989) en su revisión de la cartografía Geológica del macizo montañoso costero, al norte de las valles de Valencia-Maracay, Caracas y Guatire, revelan tres asociaciones de rocas atribuidas en igual número de fajas: Una faja septentrional o costera con rocas de la Anfibolita de Nirgua, Esquisto de Tacagua y Mármol de Antímano de la Asociación Metamórfica la Costa; una faja central que soporta la parte más elevada de la Cordillera, Compuesta por rocas metaígneas, gneises y esquistos de variada composición, que agrupan bajo el nombre de Asociación Metamórfica el Ávila; finalmente una faja meridional compuesta por rocas mesozoicas de la asociación Metasedimentaria de Caracas.</p> <p>Posteriormente Urbani "et al". (1988, 1989^a, 1989b, 1989c) extiende la cartografía de esta unidad hasta el estado Carabobo al oeste y hasta Cabo Codera al este. Esta zona había sido cartografiada previamente por Dengo (1951, 1953) y Wehrmann (1972) como formación Peña de Mora y parcialmente como Formación Las Brisas.</p>	
LOCALIDAD TIPO	
El nombre procede del Macizo de el Ávila localizado al norte de Caracas y la localidad tipo es la quebrada de San Julián al sur de Caraballeda, donde existen buenos afloramientos tanto de los esquistos que se asignan al Complejo de san Julián, como del Augengneis de Peña de Mora.	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
<p>Las litologías más resaltantes de esta Asociación son los gneises graníticos (Augengneis de Peña de Mora), los cuales están rodeados mayormente por los esquistos (Complejo San Julián). La distinción en el campo entre Peña de Mora y San Julián es usualmente fácil, pero en algunas ocasiones las litologías típicas de ambas unidades se intercalan con espesores variables desde pocos centímetros hasta varios metros, haciendo difícil la cartografía.</p> <p>Las rocas están metamórfizadas en la facies de los esquistos verdes, zona de la biotita y el almandino, pero hay algunas evidencias que apuntan a que previamente hayan estado sujetas a una fase metamórfica de mayor grado.</p>	
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	
Su cartografía se ha extendido desde la zona de Caracas, hasta el estado Carabobo al oeste, y hasta Cabo Codera al este, Miranda (Urbani "et al", 1988, 1989 ^a , 1989b, 1989c).	
CONTACTOS	
Los contactos de la Unidad con las rocas de la Asociación Metamórfica la Costa, al norte, son de falla, tanto de ángulo alto como de corrimiento, mientras que en el flanco sur, usualmente están en contacto con fallas de ángulo alto con las rocas de la Asociación metasedimentaria de Caracas.	
EDAD	
Paleozoico a precámbrico, obtenidas por isocronas de roca total de Rb/Sr.	
CORRELACIÓN	
Urbani y Ostos (1989) sugieren una correlación con el Complejo de Yaritagua y con parte de las rocas cartografiadas como Formación Las Brisas en el estado Yaracuy.	

Tomado y modificado de: Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1999). CIEN-Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura.

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL:

La zona de estudio se encuentra ubicada justamente en el extremo norte, región centro occidental de Venezuela, por lo cual es afectada directamente por el movimiento que ocurre entre la Placa del Caribe y la Placa Sudamericana, se considera pertinente introducir este tema en la geología estructural regional, debido a la importancia que reviste la tectónica de placas en la generación de estructuras geológicas.

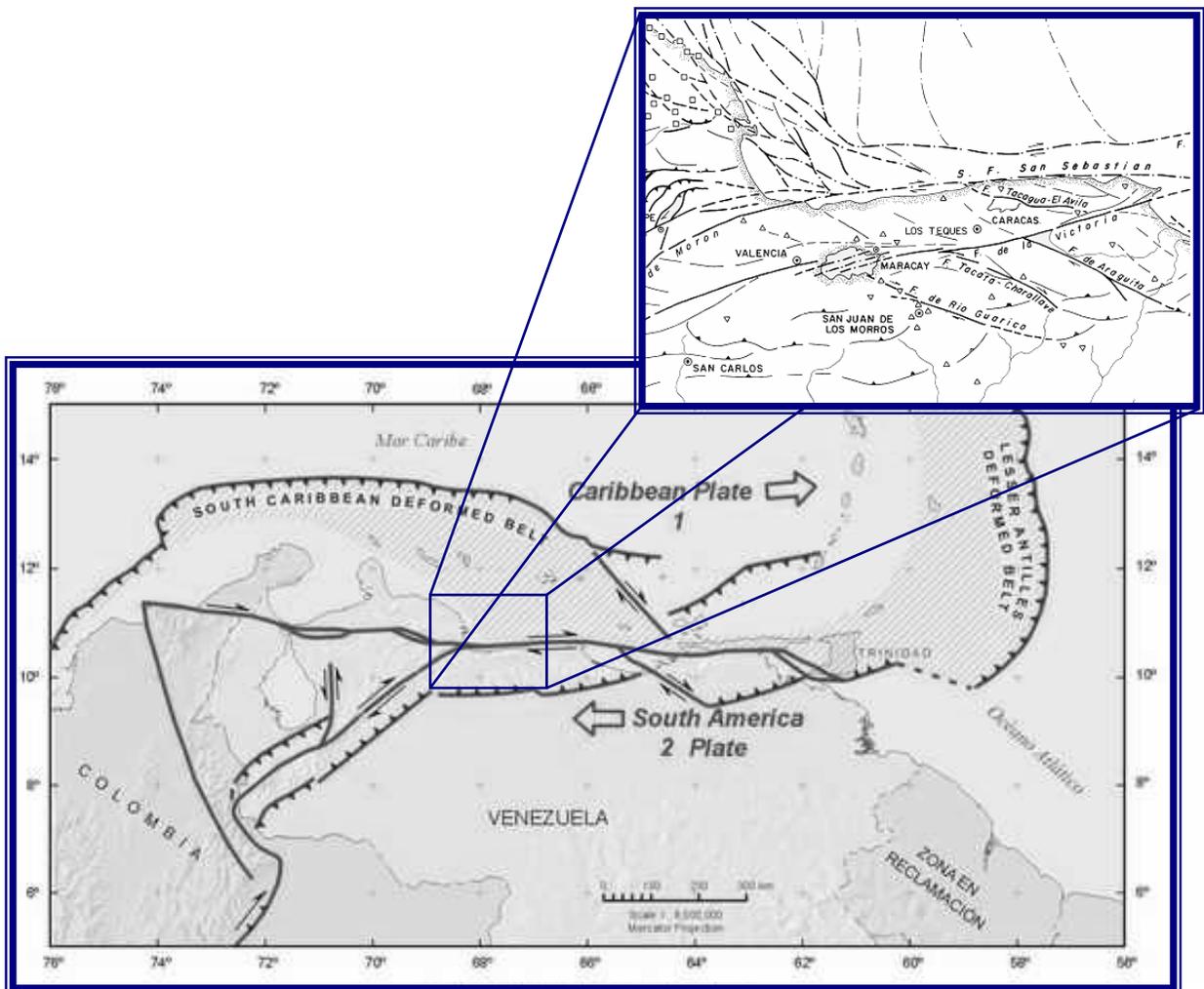


Figura 17: Esquema de Límites de Placas, Tomado y modificado de <http://www.redgeociencias.org.ve/geo/neotectonico.gif>, Consultado en Agosto 2005.

La Placa Caribe, ubicada en el norte experimenta un movimiento de 12.7mm anuales hacia el Este con respecto a la placa Sudamericana, mientras que la Placa Sudamericana efectúa un movimiento hacia el Oeste a una mayor velocidad, a razón de 14,2mm anuales, (Audemard 2002).

Este movimiento genera múltiples estructuras geológicas, entre las cuales se cita por ser de mayor importancia y revestir consecuencias en la región de estudio la denominada falla de San Sebastián de orientación casi E-W, de movimiento transcurrente dextral, siendo consecuente con los movimientos realizados por la placas Caribe y Sudamericana y que genera una serie de fallas secundarias transversales a la dirección principal E-W, que desarrolla, entre otros, entallamiento y alineamiento del drenaje, zonas de escarpe de fallas en la topografía y cambios bruscos de rumbo y buzamiento de las estructuras.

A continuación se presentan las diferentes investigaciones estructurales que se han realizado en la Cordillera de la Costa:

DENGO (1951,1953), determina que existe un paralelismo entre los planos de foliación y los planos de estratificación, basándose en estudios estructurales realizados en la Cordillera de la Costa.

MORGAN (1969), realiza un estudio en la zona de Puerto Cabello, Valencia, estado Carabobo, y concluye que las estructuras metamórficas ocurrieron en un mismo período de deformación, es decir que metamorfismo y la deformación son sincrónicas.

Distingue pliegues de deslizamientos por cizalla, presentes en rocas metamórficas en facies de los esquistos verdes y en las rocas del esquisto de las Brisas, además identifica pliegues de flujo en zonas de alto metamorfismo, cerca de los contactos entre el Granito de Guaremal y las rocas cuarzo feldespáticas adyacentes.

Describe amplios pliegues abiertos que conforman un gran anticlinorio que limita al norte con la falla del Caribe, al sur con la zona de falla de la Victoria, cuyo núcleo está conformado por el Metagranito de Guaremal y el Gneis de Sebastopol.

Menciona estructuras post metamórficas conformadas por dos sistemas de fallas principales, uno transversal con rumbos entre N20W y N40W, y otro longitudinal con rumbos N70W y EW.

GONZÁLEZ (1972), estudia la zona centro occidental de la Cordillera de la Costa, determina un gran anticlinorio con rumbo N80W, limitado al norte por la falla del Caribe y al sur por la falla de la Victoria.

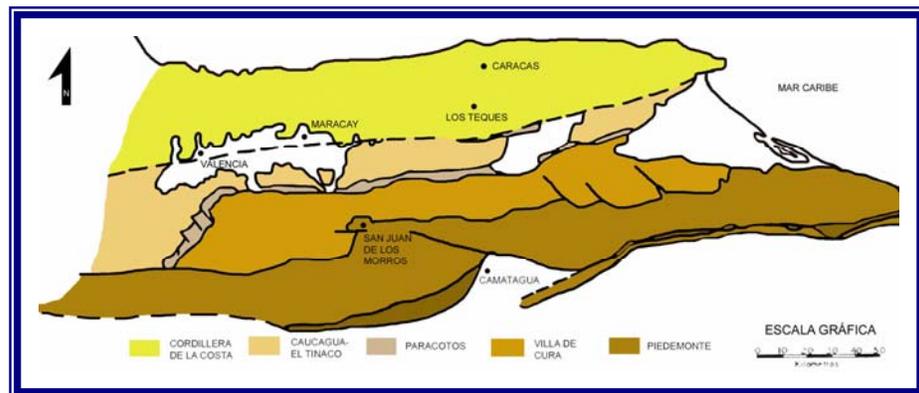


Figura 18: Fajas tectónicas en la parte central de la Cordillera de la Costa. Tomado y modificado de BELLO E ICHASO (1999).

Reconoce tres sistemas de fallas:

- Fallas longitudinales de rumbo E-W
- Fallas transversales inversas de rumbo promedio N40W
- Fallas menores transversales que desplazan a las principales en forma escalonada.
-

WHERMANN (1972), estudia la región comprendida entre Guatire y la Colonia Tovar, reporta evidencias donde la foliación y estratificación son oblicuas,

alcanzando 25°. Menciona la existencia de tres tipos de pliegues, flexurales, de escurrimiento y de flujo pasivo, según el tipo litológico predominante, además señala un paralelismo entre los mármoles y cuarcitas con los esquistos asociados.

Reconoce tres sistemas de fallas de diferentes orígenes:

- Oblicuas con rumbo N50-80W, de gravedad y corrimiento con poca expresión topográfica
- Longitudinales, con rumbo E-W, de gravedad con movimientos transcurrentes posteriores, de fuerte expresión topográfica y grandes extensiones.
- Transversales, con rumbo N60W, denominándolas fallas de rasgaduras con movimientos verticales y paralelas entre sí.

MATTSON (1981), usando los datos de campo de JUARBE (1978) en el área de las Trincheras, identifica cuatro deformaciones, basándose en la diversidad de los tipos de pliegues y las superficies de foliación en conjunto con sus relaciones espaciales, las cuales se detallan a continuación:

- Deformaciones D1 y D2: de tipo dúctil y muy intensa que determina las primeras asociaciones minerales metamórficas, los pliegues isoclinales y la foliación regional.
- Deformación D3: de tipo frágil que establece los “kink-bands” durante un fenómeno de subducción hacia el sur, de edad cretácico tardío a paleoceno.
- Deformación D4: de tipo frágil, de edad eoceno tardío a Post-Eoceno que produce un arqueamiento y levantamiento de la Cordillera de la Costa, siendo correlacionable a un deslizamiento de gravedad hacia el sur.

TALUKDAR & LOUREIRO (1982), realizan estudios en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, exponen un modelo de evolución tectónica para la zona y determinan la existencia de cuatro pliegues F1, F2, F3 y F4.

BELLIZIA (1984), determina que la Cordillera de la Costa está integrada de base a tope por un zócalo Precámbrico-Paleozoico, complejo Basal de Sebastopol, y una cobertura Jurásico tardío-Cretáceo temprano, metamorfizando a la facies de los esquistos verdes y localmente a la facies de la anfibolita.

NAVARRO *et al.*(1987) estudia el Grupo Villa de Cura y propone un modelo de evolución tectónica para la parte norcentral de Venezuela, durante el Jurásico medio-paleógeno, a partir de la apertura y cierre de la cuenca marginal de Altamira, Cordillera de la Costa, enunciando que la evolución tiene su origen en mecanismos de expansión y subducción de placas.

OSTOS (1987) realiza estudios en las estructuras de cizalla en Augengneis y gneises finos del Augengneis de Peña de mora, determina que los planos de cizalla son indicativos de un transporte tectónico desde el N-E hacia el S-W durante la etapa final de deformación.

CAPÍTULO 5
GEOLOGÍA LOCAL

5.1.GEOLOGÍA LOCAL:

5.1.1. Aspectos generales:

La zona de estudio está constituida en su totalidad por rocas metamórficas, se han establecido unidades litológicas informales, con características mineralógicas y texturales diferenciables entre sí.

Se generaron cuatro unidades litológicas informales descritas a continuación:

- Unidad de Metatrandhjemitas (UMT)
- Unidad de Mármol (UM)
- Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceos (UECAM)
- Unidad de Sedimentos Recientes (USR)

5.1.2. 5.1.2.Unidad de Metatrandhjemitas (UMT)

5.1.2.1.Ubicación y extensión:

Esta unidad se encuentra ubicada en la zona sur del área de estudio, representa un 45% del área total, aproximadamente 5 Km². Topográficamente representa una montaña de orientación norte sur, de topes redondeados con estructuras pseudo elípticas (tipo “karst”), y elevaciones que van desde 225 a 270 m, (ver mapa anexo)

5.1.2.2. Contactos:

Los contactos de esta unidad con los cuerpos de la unidad de mármol (UM) son interpretados como de falla, estos contactos son apreciados claramente en los cortes de carretera ubicados en la zona central del área de estudio, (Ver mapa anexo).

5.1.2.3. Características de campo:

La roca fresca es de color gris claro, meteoriza a gris oscuro con tonalidades verdosas y marrones, de grano medio, con planos de foliación bien desarrollados (Figura 19).

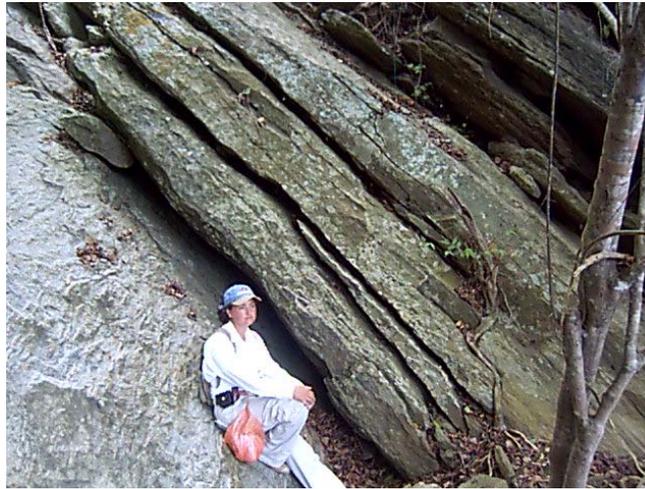


Figura 19: Afloramiento de la UMT (N10E)

5.1.2.4. Composición mineralógica:

La mineralogía promedio, mínima y máxima según análisis petrográficos es la siguiente: cuarzo 42 (40-48%), albita 30,8 (28-33%), fengita 10,4 (10-12%), moscovita 3 (0-6%), clorita 3,2 (0-5%), biotita 3,4 (0-5%), epidoto 3 (2-4%), esfena 2,6 (2-3%), granate 1 (0-2%) y hematita 0,6 (0,1%), (tabla 6 y figura 15).

TABLA 8: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LA UNIDAD DE METATRONDHJEMITA

MUESTRA	CUARZO	ALBITA	FENGITA	MOSCOVITA	CLORITA	BIOTITA	EPIDOTO	ESFENA	GRANATE	HEMATITA
Crr1	42	32	10	0	4	4	4	3	0	1
Crr8	40	30	12	5	3	4	3	2	1	0
Crr9	40	28	10	4	4	5	3	3	2	1
Crr11	40	31	10	6	5	0	3	2	2	1
Q2	48	33	10	0	0	4	2	3	0	0
Promedio	42	30,8	10,4	3	3,2	3,4	3	2,6	1	0,6

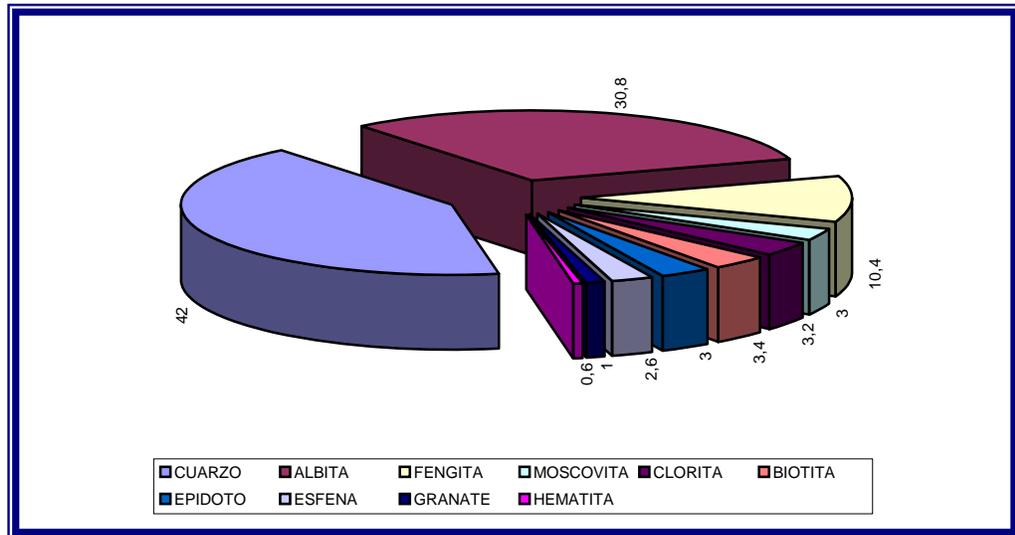


Figura 20: Composición mineralógica promedio de la UMT

5.1.2.5.Descripción mineralógica detallada:

Cuarzo: incoloro bajo nícoles paralelos. Bajo nicoles cruzados presenta colores que van desde el blanco, gris claro, oscuro y negro, con clara extinción ondulatoria, con bordes rectos, de hábito granular, mostrando fracturas.

Albita: Incolora bajo nícoles paralelos. En cruzados se observa claramente el maclado, anhedral, de bordes rectos a irregulares, de habito granular. Con inclusiones de cuarzo, epidoto, granate, micas (fengita y biotita) y esfena.

Fengita: Bajo nicoles paralelos se observa incolora y presenta pleocroismo. Bajo nicoles cruzados manifiesta colores de interferencia superiores al segundo orden (azul, verde, fucsia, amarillo), de habito tabular, con bordes rectos, presenta inclusiones de esfena, mostrando perfectamente su foliación en una dirección.

Biotita: De color pardo claro bajo nicoles paralelos, y pardo oscuro bajo nicoles cruzados, pleocroica, de habito tabular, de bordes rectos. No presentan inclusiones y muestran perfecta foliación en una dirección.

Clorita: Con nicoles paralelos se observa verde claro, bajo nicoles cruzados es castaño oscuro. De habito tabular, con bordes rectos, presenta inclusiones de cuarzo, esfena y piritita. Presenta perfecta exfoliación en una dirección.

Moscovita: Incolora bajo nicoles paralelos. Bajo nicoles cruzados se observa gris, habito tabular a escamoso, de bordes rectos, con inclusiones de hematita y cuarzo.

Granate: Cristales de hábito prismático, euhédricos frecuentemente fracturados irregularmente, de bordes rectos, algunos con inclusiones de esfena y cuarzo.

Actinolita: Se observa verde pálido bajo nicoles paralelos, y con colores de interferencia del segundo orden bajo nicoles cruzados, algunas se distinguen en corte basal, pudiéndose apreciar claramente el clivaje en dos direcciones, formando ángulos de 50 grados, otras están en cortes longitudinales, apreciándose como agregados columnares, sus bordes son rectos y no presentan inclusiones.

Esfena: Bajo nicoles paralelos se observa castaño muy claro, al cruzar los nicoles su color es castaño oscuro, se presenta en granos irregulares, generalmente como inclusiones en los cristales de albita.

Epidoto: Representa un mineral accesorio, bajo nicoles paralelos es verdoso claro, bajo nicoles cruzados es de blanco a gris, de alta birrefringencia, de

contactos rectos a irregulares, algunos cristales manifiestan inclusiones de esfena.

Opacos: El opaco más común es la hematita, bajo luz reflejada es negro con brillo metálico, se presenta en forma de masas e irregulares.

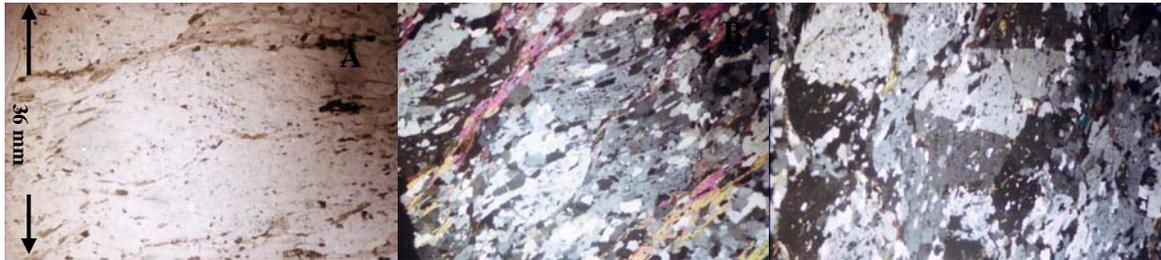


Figura 21: Fotomicrografía de cristales de Albita, con inclusiones de cuarzo, rodeados de micas dispuestas según esquistosidad, en la Foto C se observa claramente el maclado del cristal de albita.

A: nícoles paralelos, **B:** Nícoles cruzados, **C:** Nícoles cruzados. Muestra: **Crr9**

5.1.3. Unidad de Mármol, (UM): Esta unidad aflora en tres lentes localizados en la zona, expuestos a continuación:



Figura 22: Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Venegras I, (N80W).



Figura 23: Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Venegras II, (N70E).



Figura 24: Afloramiento de la unidad de mármol en la cantera Mar Azul, **A**(N5E), **B**(N20E).

5.1.3.1. Ubicación y extensión:

Esta unidad se encuentra situada en la parte central y noroeste de la zona de estudio, ocupa el 10% del área total, aproximadamente 1,2 km², ubicada topográficamente en la terminación de estribaciones con alturas máximas de 285 m, ver mapa anexo.

5.1.3.2. Contactos:

Esta unidad presenta contactos interpretados como de falla con la Unidad de Metatrondhjemitas (UMT) al sur, y con la Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceos (UECAM) al norte, figura 25.

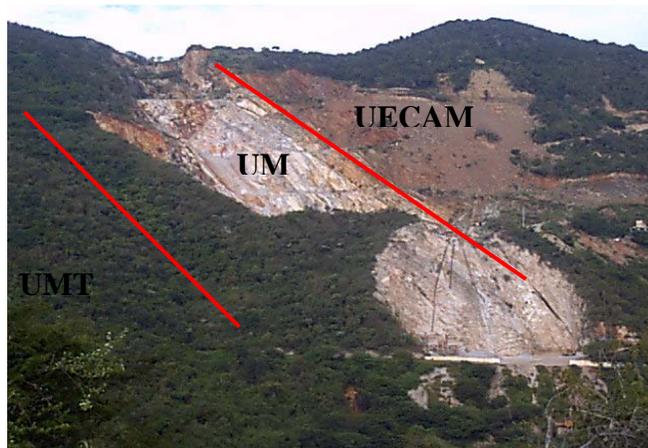


Figura 25: Contactos de la Unidad de Mármol, Foto : Afloramiento denominado Venegas I (E-W),

5.1.3.3. Características de campo:

La unidad aflora en tres yacimientos lenticulares aislados, denominados para efectos de esta investigación Venegas I, Venegas II y Mar Azul, considerando los nombres de las canteras situadas a lo largo de la carretera Guaicamacuto Patanemo.

La roca fresca es de color blanco puro, con tonalidades grises claras a oscuras, rosadas, con tonos azulados y verdes claras, se evidencia una intercalación frecuente con esquistos verdosos oscuros de composición clorítica. El tamaño de grano es de fino a medio, con un promedio de 0,5mm, mostrando cristales de calcita y tremolita acicular bien desarrollados.

5.1.3.4. Composición mineralógica:

Mediante estudio petrográfico se determinó la mineralogía promedio máxima y mínima siguiente: calcita 48,40% (0-98%), dolomita 35,15% (0-100%); tremolita 3% (0-25%), actinolita 1,25% (0-3%), cuarzo 1,78% (0-20%); albita 1,71% (0-30%), fengita 1,75% (0-12%), biotita 0,06% (0-2%), epidoto 0,72% (0-4%), esfena 0,34% (0-4%), clorita 5,40% (0-60%), pirita 0,26% (0-2%).

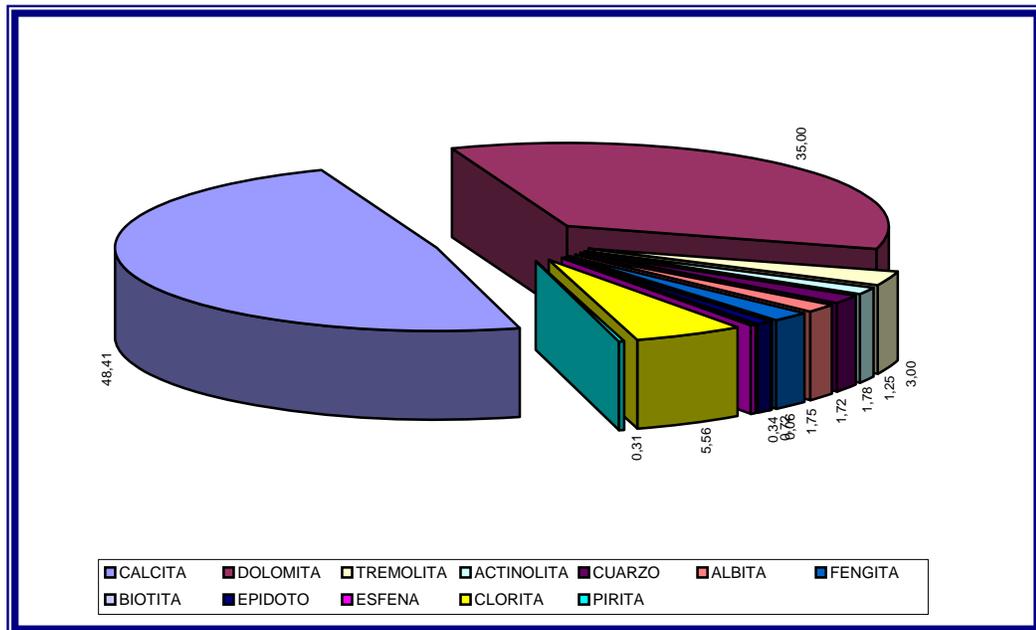


Figura 26: Composición mineralógica promedio mediante análisis petrográfico de la UM.

TABLA 9: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA MEDIANTE ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA UNIDAD DE MÁRMOL.

MUESTRA	CALCITA	DOLOMITA	TREMOLITA	ACTINOLITA	CUARZO	ALBITA	FENGITA	BIOTITA	ÉPIDOTO	ESFENA	CLORITA	PIRITA
V2	93	0	0	0	0	1	3	0	0	2	0	1
V3	86	0	6	0	0	2	4	0	1	0,5	0	0,5
V4	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V5	82	0	7	3	0	0	3	0	4	0,5	0	0
V6	96	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
V7	6	90	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
V8	15	0	2	0	0	18	5	0	0	0	60	0
V9	0	98	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
V10	2	96	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V11	99	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
V12	5	90	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V13	5	92	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
V14	5	94	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V15	95	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1
V16	0	95	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1
V16-I	90	0	5	0	0	0	3	0	0	2	0	0
V16-II	60	0	16	0	20	1	3	0	0	0	0	0
V16-III	97	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CANTII-1	92	0	4	0	1	0	0	0	1	0	2	0
CANTII-2	96	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
CANTII-3	94	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2
CANTII-4	0	88	5	0	3	0	3	0	1	0	0	0
CANTII-5	0	0	0	0	1	30	7	0	2	2	58	0
CANTII-7	0	98	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
CANTII-10	0	0	25	0	15	3	0	0	0	2	50	0
CANTII-11	68	0	8	0	5	0	12	2	4	1	0	0
CANTII-13	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTII-14	96	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
CANTII-16	98	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CRESTAI-1	70	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0
EC-10	0	98	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA-8	0	86	8	0	2	0	0	0	4	0	0	0
Promedio	48,40	35,15	3	1,25	1,78	1,71	1,75	0,06	0,71	0,34	5,40	0,26

5.1.3.5. Descripción Mineralógica Detallada:

Calcita y Dolomita: Estos minerales se describen en conjunto, debido a que bajo análisis petrográfico manifiestan características similares. Son Incoloras bajo nicoles paralelos, marrón claro bajo nicoles cruzados, anhedral, se presenta como mosaicos con cristales sin orientación preferencial, sus bordes o contactos son irregulares, con la presencia de un maclado polisintético característico y escasamente con inclusiones de cuarzo y micas. (Figura 27).

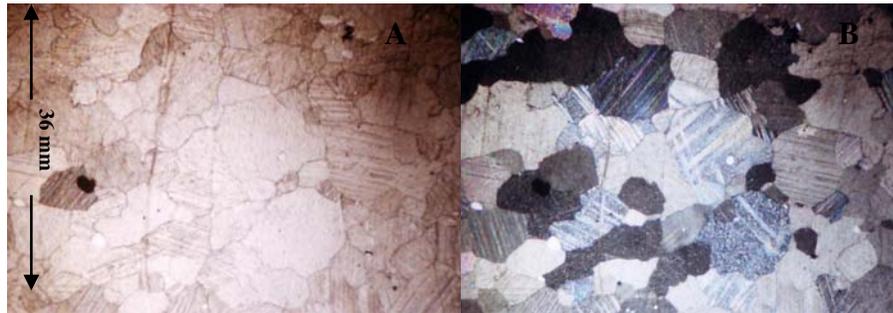


Figura 27: Fotomicrografía de Calcita exhibiendo maclado polisintético.
A: nicoles paralelos, **B:** nicoles cruzados. Muestra: **V6**

Tremolita: Incolora bajo nicoles paralelos, al cruzar los nicoles presentan colores de interferencia del segundo orden, lucen como cristales alargados en los cortes longitudinales y prismáticos rómbicos en los cortes basales, sus bordes son rectos y no presentan inclusiones. (figura 28)



Figura 28: Fotomicrografía de Calcita exhibiendo la tremolita en corte longitudinal.
A: nicoles paralelos, **B:** nicoles cruzados. Muestra: **MA8**

Actinolita: Verdosa clara bajo nicoles paralelos, al cruzar los nicoles presentan colores de interferencia del segundo orden, de bordes rectos y hábito prismático en cortes basales y alargado en cortes longitudinales.

Cuarzo: incoloro bajo nicoles paralelos y cruzados con colores que van desde el blanco hasta el negro al alcanzar su extinción, de bordes irregulares a rectos, con inclusiones de calcita, de habito irregular.

Albita: Incolora bajo nicoles paralelos, al cruzar los nicoles se aprecian claramente macladas y con inclusiones de cuarzo, epidoto, granate, tremolita, micas y esfenas, presentando textura poikiloblástica, se presentan anhedrales a pseudo prismáticas y de contactos rectos a irregular.

Fengita: Bajo nicoles paralelos se observa incolora y presenta pleocroismo, bajo nicoles cruzados manifiesta colores de interferencia superiores al segundo orden de hábito tabular, con bordes rectos, mostrando perfectamente su foliación en una dirección.

Biotita: Su color bajo nicoles paralelos es parduzco, manifiesta pleocroismo, de hábito tabular, con exfoliación perfecta en una dirección, al cruzar los nicoles presenta colores de interferencia del segundo orden.

Esfena: Bajo nicoles paralelos es castaño muy claro, al cruzar los nicoles su color es castaño oscuro, se presenta en granos irregulares, generalmente como inclusiones siendo un mineral accesorio.

Epidoto: Bajo nicoles paralelos es verdoso claro, bajo nicoles cruzados es de blanco a gris, de alta birrefringencia, de contactos rectos a irregulares, debido a su escasa ocurrencia y pequeño tamaño representa un mineral accesorio.

Clorita: Bajo nicoles paralelos se observa gris verdosa, en nicoles cruzados su color es marrón, de bordes irregulares, cristales pseudotabulares, con una textura fibrosa característica.

Granate: Se presenta como cristales anhédricos, muestran grietas o fracturas internas dispuestas irregularmente.

Opacos: Identificándose pirita y hematita, siendo predominante la pirita, presentándose en cristales prismáticos subhedrales, que bajo luz reflejada manifiesta un brillo amarillento, de bordes rectos, sin inclusiones .

5.1.3.6. Teñido de Mármoles Carbonáticos:

El teñido fue realizado en el Laboratorio de Sedimentología, de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica por técnicos pertenecientes a la Fundación Geos.

El procedimiento consiste en sumergir de 2 a 3 minutos cada sección fina en una solución compuesta por 0,1 gramos de óxido de hierro Alizarín Red S. en 100 ml de ácido clorhídrico al 0,2%.

Con esta solución la calcita se debe teñir de rojo, mientras que la dolomita no es afectada y permanece de incolora a blanca en sección fina.

En esta investigación fueron teñidas 34 secciones finas de rocas pertenecientes a la unidad de mármol, todas las secciones teñidas tomaron el color rojizo, figura 29, determinando la composición calcítica en la totalidad de las muestras.

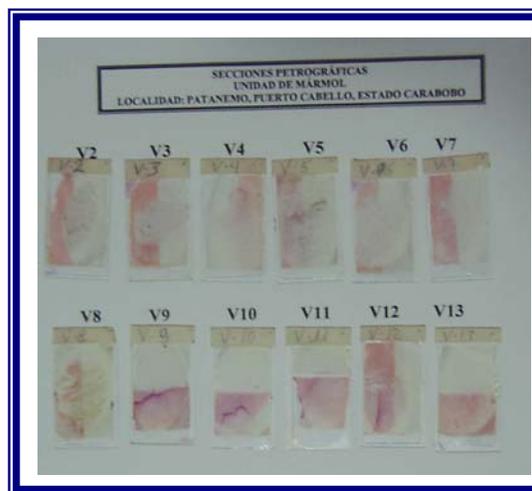


Figura 29: Teñido de Secciones Finas, donde se aprecia la coloración rojiza

Debido a que las muestras de mano fueron examinadas agregando en su superficies gotas de ácido clorhídrico al 10% y al 38% y motivados a la existencia de mármoles que no efervescieron, se consideró pertinente complementar este estudio realizando difracción de Rx, con el propósito de encontrar la composición mineralógica exacta de estas rocas.

5.1.3.7. Análisis por Difracción de Rx:

Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Difracción de Rx, de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, coordinado por la Fundación Geos.

Se realizaron análisis a cinco muestras pertenecientes a la Unidad de Mármol, localizados en la cantera Venegas I y descritas a Continuación:

5.1.3.7.1. Muestra V10:

Los resultados obtenidos para la muestra V10 determinaron la relación dolomita/calcita 98:2. Clasificando a la roca como Mármol Dolomítico.

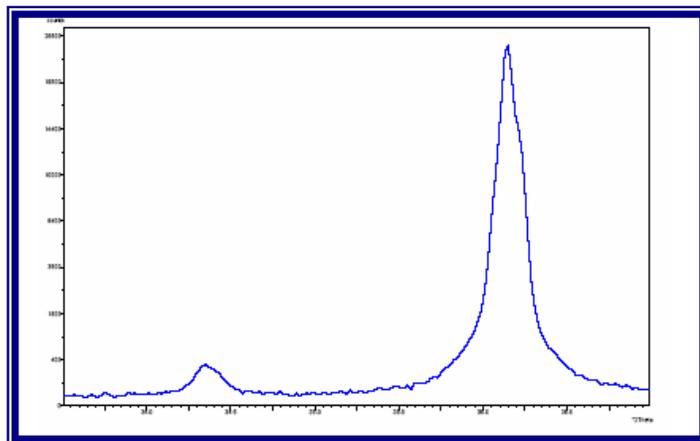


Figura 30: Gráfico de Difracción de Rx para la muestra V10.

5.1.3.7.2. Muestra V16:

Los resultados obtenidos para la muestra V16 determinaron la relación dolomita/calcita 96:4. Clasificando a la roca como Mármol Dolomítico.

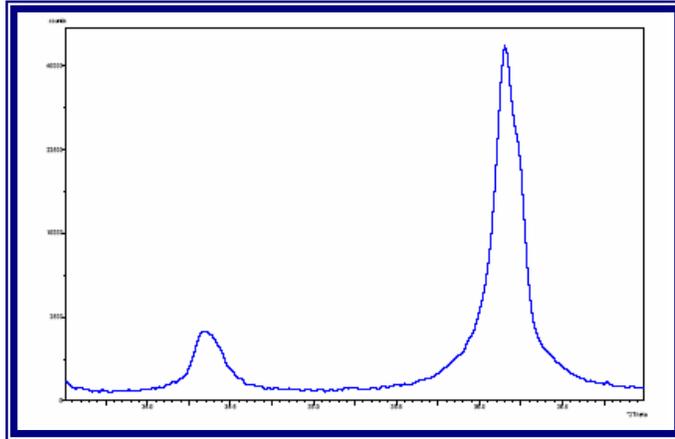


Figura 31: Gráfico de Difracción de Rx para la muestra V16.

5.1.3.7.3. Muestra V4:

Los resultados obtenidos para la muestra V4 determinaron la relación calcita/dolomita 100:1. Clasificando a la roca como Mármol Calcítico.

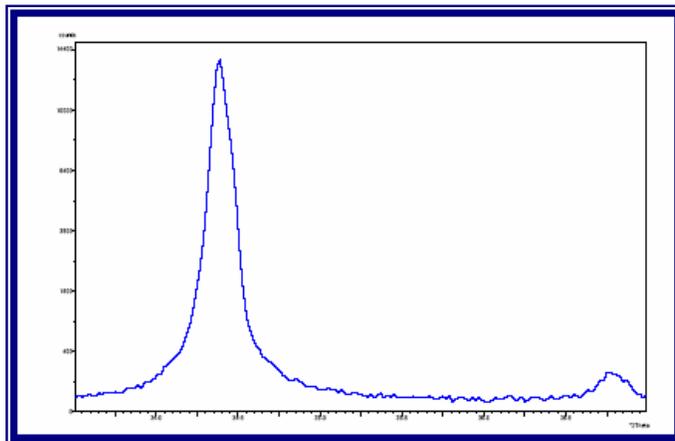


Figura 32: Gráfico de Difracción de Rx para la muestra V4.

5.1.3.7.4. Muestra V6:

Los resultados obtenidos para la muestra V6 determinaron la relación calcita/dolomita 100:1. Clasificando a la roca como Mármol Calcítico.

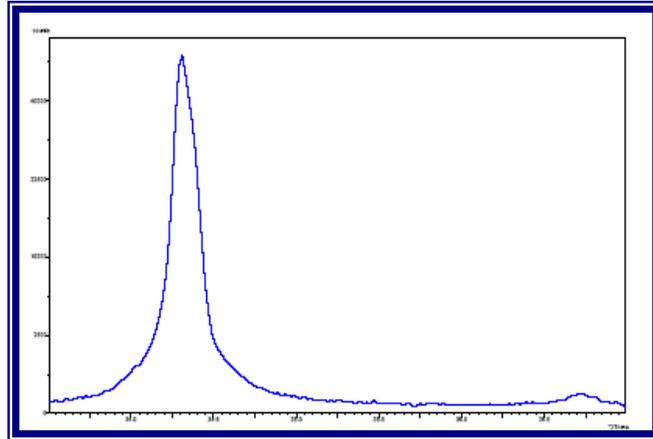


Figura 33: Gráfico de Difracción de Rx para la muestra V6.

5.1.3.7.5. Muestra V9:

Los resultados obtenidos para la muestra V9 determinaron la relación dolomita/calcita 100:1. Clasificando a la roca como Mármol Dolomítico.

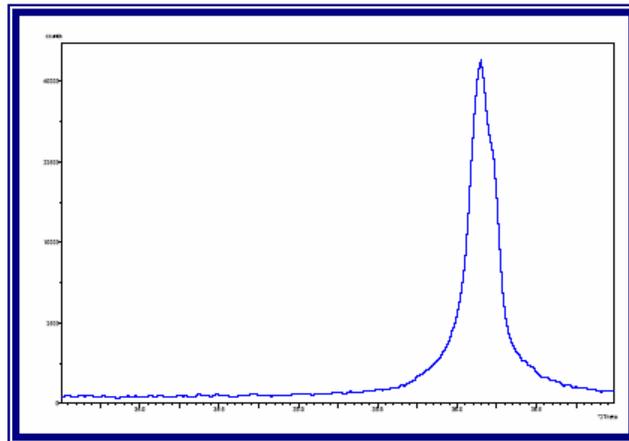


Figura 34: Gráfico de Difracción de Rx para la muestra V9.

5.1.4. Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceo (UECAM):

5.1.4.1. Ubicación y Extensión:

Esta unidad se localiza en el norte del área de estudio, representa un 37% de la zona total, aproximadamente 4,5 km². Se expresa topográficamente como dos estribaciones con alturas máximas de hasta 280m para la ubicada al oeste y de 230m. para la que se encuentra al este de la zona, ver mapa anexo.

5.1.4.2. Contactos:

Los contactos de esta unidad con las adyacentes, son interpretados como de falla, correspondiendo con el mapa geológico del área, (ver mapa geológico anexo), apreciados claramente en las zona límites sur y norte de la Unidad de Mármol, donde suprayecen e infrayecen respectivamente, a las capas de mármoles presentes en el área (Figura 35).

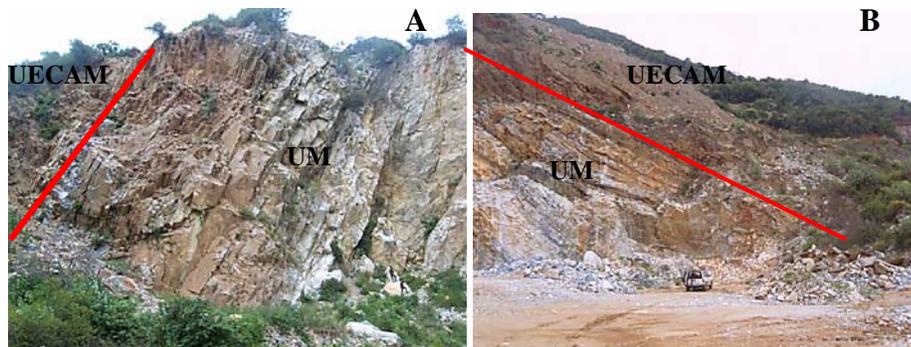


Figura 35: Contactos de la Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolíticos Micáceos con la Unidad de Mármol, **A**: Afloramiento denominado Venegas II (N65E), **B**: Afloramiento denominado Venegas I (N80W)

5.1.4.3. Características de campo:

La UECAM está compuesta por una variedad de litologías, presentando diferentes características en campo según la zona donde sea observada.

En el sector ubicado al oriente de esta unidad, la roca fresca es de color gris claro a oscuro, que meteoriza a ocre verdoso y gris oscuro con tonalidades rojizas debido a la presencia de materiales oxidados, es de grano fino a medio, con tamaño promedio 0,2mm, mostrando planos de foliación bien desarrollados, presentando alternancias con capas blanquecinas de cuarcitas. Además se observa localmente la presencia de grafito moteado en esquistos, el grafito se presenta en motas de hasta 7cm, en contacto con capas que presentan cristales de pirita de hasta 0,3 mm y granate de hasta 2cm de longitud.

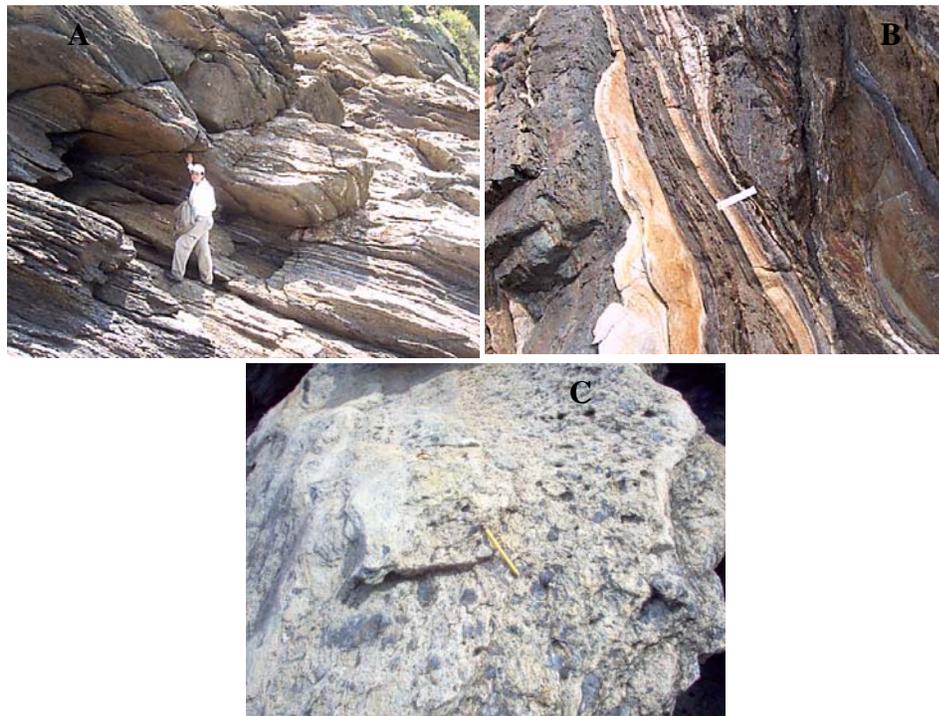


Figura 36: Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceo, sector oriental. **A:** planos de foliación bien desarrollados (N85E), **B:** Alternancia de estratos. (N60E), **C:** Presencia de grafito moteado (N70E).

Toda esta zona muestra una gran meteorización, debido a que está en contacto directo con el agua de mar, las capas son pseudo verticales, mostrando un buzamiento de hasta 85 grados al norte.



Figura 37: Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceo, límite norte del sector oriental. En la fotografía se observa el buzamiento alto que presentan las capas (N87W)

El sector ubicado al occidente de esta unidad, presenta color fresco de gris claro a oscuro, con tonalidades verdosas, algunas capas blanquecinas, el color de meteorización es anaranjado a rojizo, el tamaño de grano es de fino a medio y presenta marcada esquistosidad.

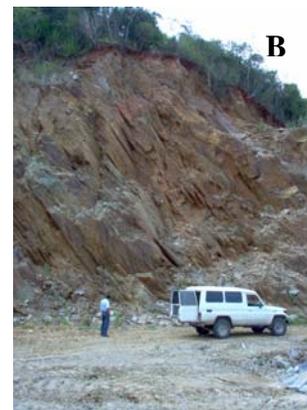


Figura 38: Unidad de Esquistos Cuarzo Anfibolítico Micáceo, sector occidental. **A:** Contacto con la UM (N60E), **B:** Color típico de meteorización (E-W).

5.1.4.4. Composición Mineralógica:

La mineralogía promedio, máxima y mínima estimada por estudio petrográfico es la siguiente: calcita 11,47% (0-96%), cuarzo 45,47% (0-89%), clorita 4,65% (0-30%) actinolita 12,53% (0-60%), barroisita 1% (0-14%), fengita 9,29% (0-24%), clinzoisita 1,06% (0-7%), grafito 0,94% (0-14%), albita 6,24% (0-28%), epidoto 1% (0-4%), esfena 1,29% (0-4%), granate 4,24% (0-38%), pirita 0,41% (0-5%), moscovita 0,12% (0-2%), hematita 0,29% (0-3%).

TABLA 10: COMPOSICIÓN MINERALÓGICA MEDIANTE ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA UNIDAD DE ESQUISTOS CUARZO ANFIBOLÍTICO MICÁCEOS.

MUESTRA	CALCITA	CUARZO	CLORITA	ACTINOLITA	BARROISITA	FENGITA	CLINOZOISITA	GRAFITO	ALBITA	EPIDOTO	ESFENA	GRANATE	PIRITA	MOSCOVITA	HEMATITA
PB INFRAY 2	0	70	0	5	0	22	0	0	0	0	3	0	0	0	0
ESQIBOCAINA	0	64	0	6	0	20	2	0	0	4	4	0	0	0	0
PB	0	10	0	30	0	2	0	14	0	2	2	38	0	0	2
PB3	0	43	0	15	3	0	2	2	26	4	0	5	0	0	0
PB9	96	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PB10	4	62	0	4	0	10	6	0	12	0	2	0	0	0	0
PB13	4	76	0	4	0	6	7	0	0	0	2	0	1	0	0
PB-15	0	60	9	27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
PB15-II	15	0	0	60	0	10	0	0	0	0	0	10	5	0	0
PB16	0	6	5	50	14	1	0	0	10	4	0	10	0	0	0
PB16-1	0	80	5	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
PB20	76	6	0	0	0	16	0	0	2	0	0	0	0	0	0
INFRAY CANTII	0	64	24	4	0	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0
ESQ CANTII	0	48	30	2	0	10	0	0	4	1	2	3	0	0	0
EC4	0	89	0	0	0	8	1	0	0	0	2	0	0	0	0
VO	0	40	6	0	0	20	0	0	28	0	0	4	0	2	0
V1	0	54	0	6	0	24	0	0	8	2	4	2	0	0	0
Promedio	11,47	45,47	4,65	12,53	1,00	9,29	1,06	0,94	6,24	1,00	1,29	4,24	0,41	0,12	0,29

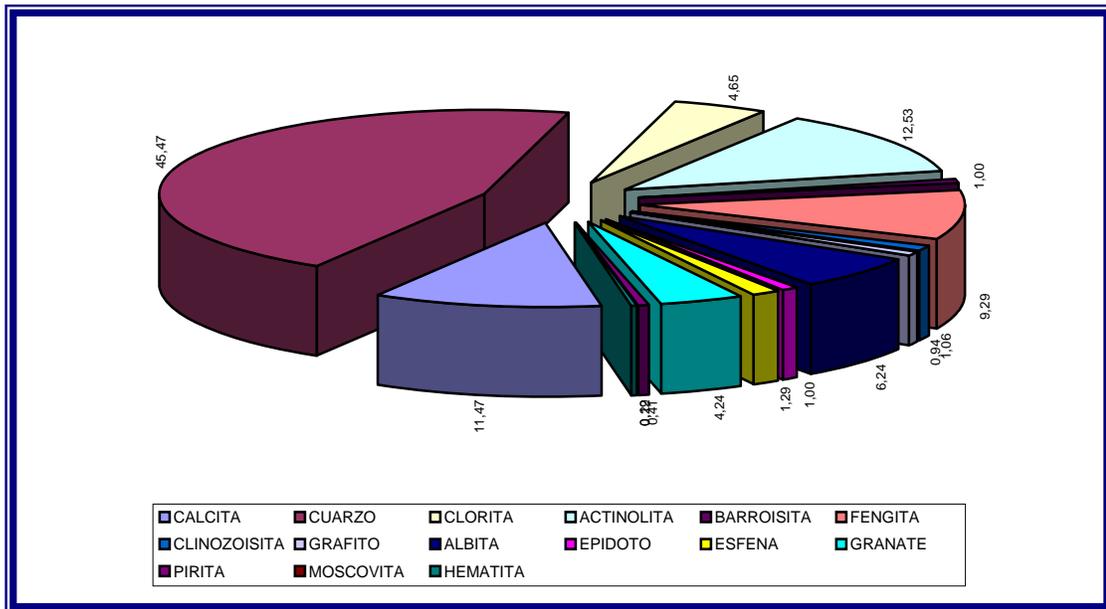


Figura 39: Composición mineralógica mediante análisis petrográfico de la UECAM

5.1.4.5. Descripción mineralógica detallada:

Calcita: Incolora bajo nicoles paralelos, marrón claro bajo nicoles cruzados, anhedral. Se presenta como mosaicos con cristales sin orientación preferencial, sus bordes o contactos son irregulares, con la presencia de un maclado polisintético característico y escasamente con inclusiones de epidoto.

Cuarzo: Incoloro bajo nicoles paralelos y en cruzados con colores que van desde el blanco hasta el negro. Con clara extinción ondulatoria, de hábito granudo, dispuestos en forma de mosaico.

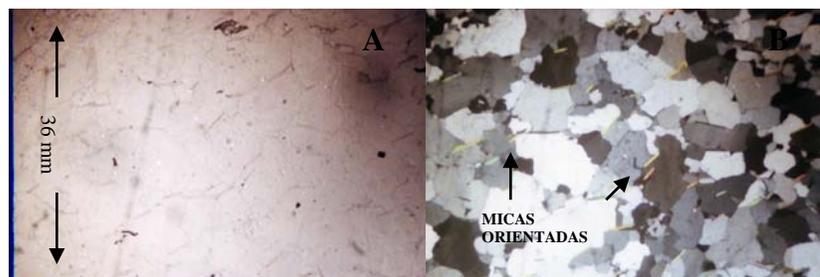


Figura 40: Fotomicrografía de mosaico de cuarzo.
A: nicoles paralelos, B: nicoles cruzados. Muestra: EC4

Albita: Incolora bajo nicoles paralelos, al cruzar los nicoles se aprecian claramente zonadas y con inclusiones de cuarzo, epidoto, granate, micas y esfenas. Presenta textura poikilitica, se muestran anhedrales a pseudo prismáticas y de contactos rectos a irregular, algunas están fracturadas.

Epidoto: Bajo nicoles paralelos es verdoso claro, bajo nicoles cruzados es gris oscuro, de alta birrefringencia y contactos irregulares.

Esfena: Bajo nicoles paralelos es castaño claro, al cruzar los nicoles su color es castaño oscuro, se presenta en granos irregulares, generalmente como inclusiones siendo un mineral accesorio.

Granate: Cristales prismáticos, anhédricos, muestran grietas o fracturas internas dispuestas irregularmente, algunos presentan inclusiones de cuarzo.

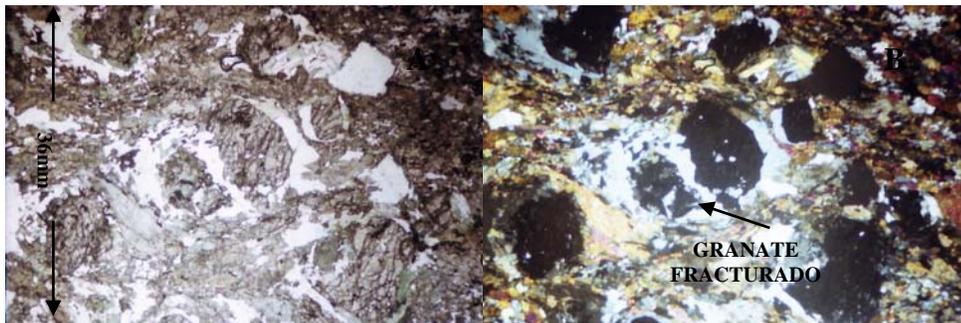


Figura 41: Fotomicrografía de granate en la UECAM.
A: nicoles paralelos, B: nicoles cruzados. Muestra: **PB16**

Clorita: Bajo nicoles paralelos se observa tonalidades verdes, al cruzar los nicoles se presenta de color castaño, de tamaño anhedral, con bordes irregulares, habito fibroso, sin inclusiones.

Fengita: Es incolora bajo nicoles paralelos y de colores de interferencia fucsia, verde y amarillo bajo nicoles cruzados, los cristales son anhedrales, de bordes rectos, algunos con inclusiones de cuarzo, habito tabular a fibroso, presenta clivaje perfecto en una dirección.

Pirita: Mineral opaco que presenta lustre metálico bajo luz reflejada, de hábito prismático con forma cúbica.

Grafito: Mineral opaco de color negro, bajo luz reflejada presenta un brillo metálico, de hábito irregular.

Actinolita: Verde claro bajo nicoles paralelos, al cruzar los nicoles presentan colores de interferencia del segundo orden, de bordes rectos y hábito prismático hexagonal en cortes basales y alargado en cortes longitudinales.

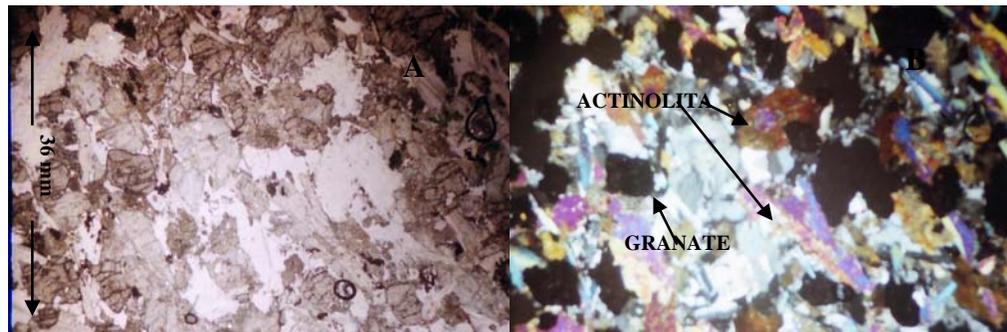


Figura 42: Fotomicrografía donde se muestra actinolita en corte basal y longitudinal.
A: nicoles paralelos, B: nicoles cruzados. Muestra: **PB**

5.1.5. Unidad de Sedimentos Recientes: (USR)

5.1.5.1.Descripción:

La unidad de Sedimentos Recientes (USR), aflora en cuerpos aislados, predominantemente alrededor del drenaje principal y en las proximidades a la línea de costa. Se expresa topográficamente en zonas bajas y ocupa el 8% de la zona de estudio, representando un área total aproximada de 960m², ver mapa anexo.

Esta unidad tiene dos orígenes, uno de los cuales está representado por las llanuras de inundación generadas por los ríos Patanemo y Borburata , conformada generalmente por suelos arcillosos, de colores rojizos y negros oscuros, debido a la oxidación del material que los componen y a la presencia de materia orgánica en descomposición. Presenta además fragmentos de cuarzo y rocas de tamaño grava, ubicados al este y oeste respectivamente de la zona de estudio, la otra procedencia, se debe al desarrollo de barreras de coral situadas a lo largo de la línea de costa, (figura 43), compuesta principalmente por trozos de corales muertos, acumulación de arena de playa, con alto contenido de cuarzo y micas.

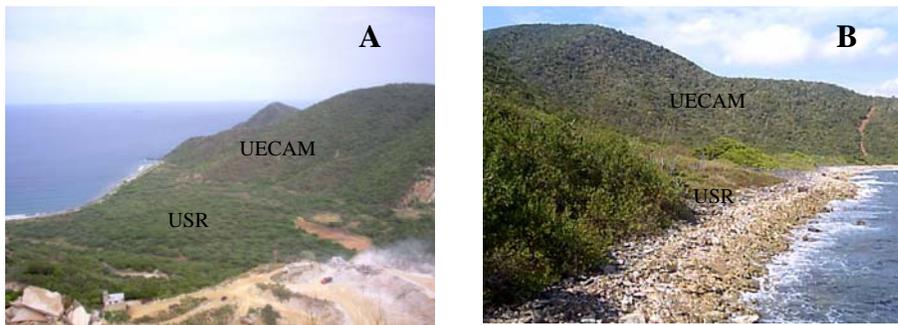


Figura 43: Unidad de Sedimentos Recientes
A: Contacto entre USR y UECAM (N40E) B: Formación de barreras de coral (N20W).

5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La zona de estudio ha sido afectada por eventos de deformación relacionados con la evolución tectónica de la Cordillera de la Costa, que ha sufrido diversos y continuos procesos de metamorfismo, a continuación se describen las estructuras observadas en campo y las interpretadas mediante fotografías aéreas.

5.2.1. Foliación:

La foliación representa la estructura metamórfica más evidente en el área de estudio, en la zona se presenta un solo patrón de foliación con rumbos entre N60-70E y buzamientos que van desde 35° hasta 70° al Norte.

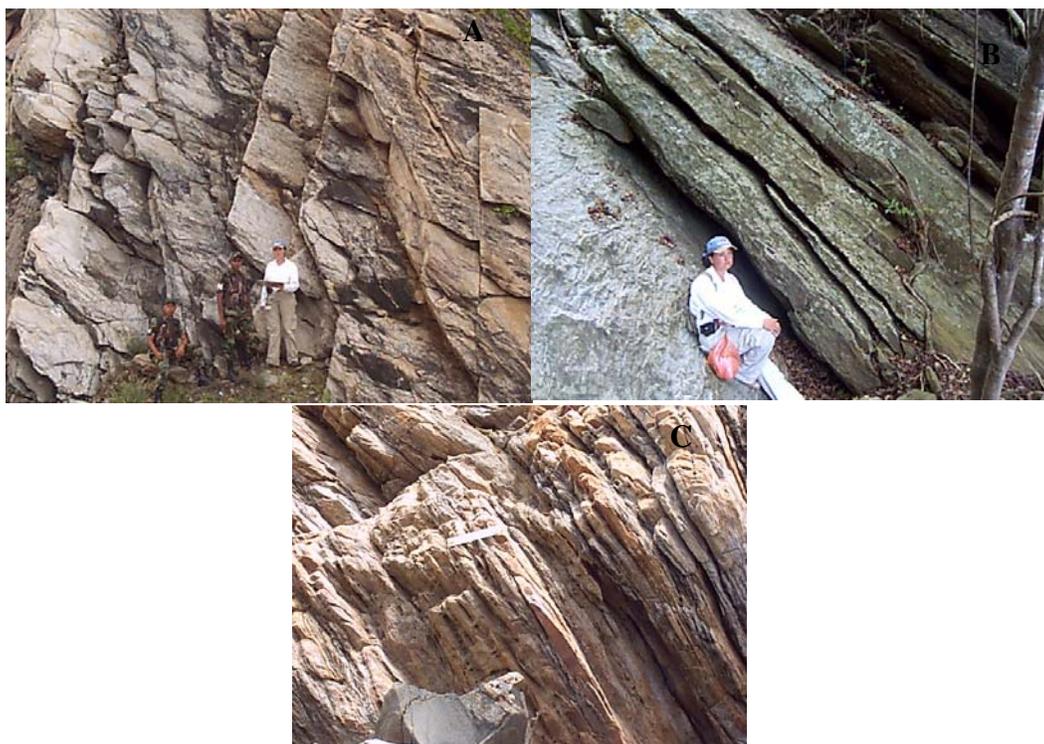


Figura 44: Foliación en la zona de estudio.

A: Foliación en Unidad de Mármoles (E-W), **B:** Foliación en la UMT (N10E), **C:** Foliación en la UECAM (N20E).

5.2.2. Plegamientos:

Los plegamientos son escasos en la zona de estudio, solo se observaron en tres localidades de la UECAM, uno de los pliegues observados es de gran dimensión, además se observaron pliegues de segundo orden en forma de “Z”, sin poder interpretar la continuidad del flanco del pliegue principal por encontrarse cubierto, (figura 45).



Figura 45: Pliegues en la UECAM, A.(N20E), B (N42E), C: (N10W).

5.2.3. Fallas:

Se interpretó un solo patrón de fallamiento, descrito a continuación:

Falla con dirección N80E, perteneciente al sistema de falla de San Sebastián, ubicada en el extremo norte del área de estudio. Esta falla se observó en fotografía aérea y en campo, con un movimiento aparente de transurrencia dextral en la topografía presente en la zona.

Una vez en campo se apreció la ensilladura de esta falla, (figura 46), sin embargo no fueron observados los indicadores cinemáticos de la misma, por encontrarse cubiertos.

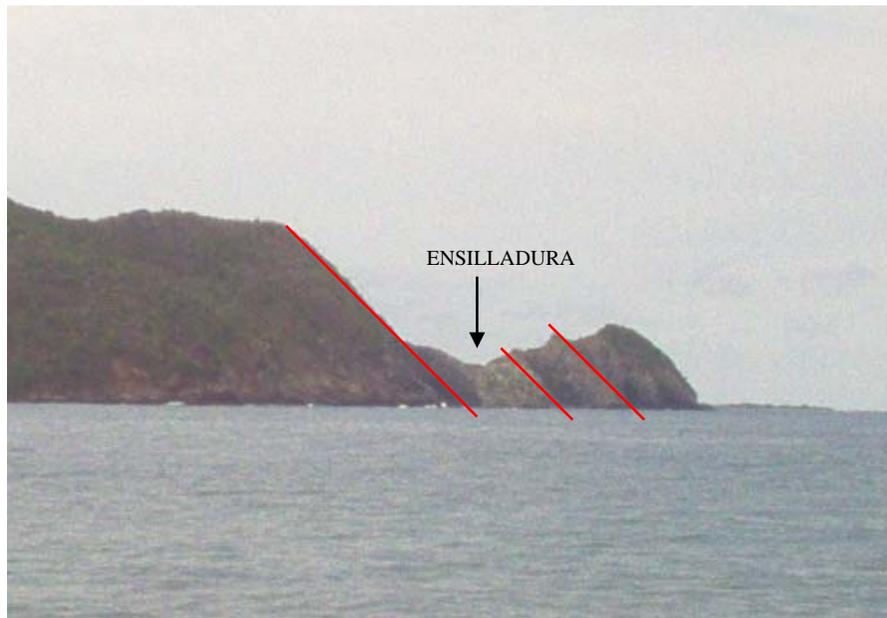


Figura 46: Ensilladura de Falla, (N42W).

En el campo no se observaron planos de falla, estrías ni rocas asociadas (brechas, milonitas, etc) por lo cual se carece de datos para establecer el movimiento de los bloques, Sin embargo se determinó el movimiento por la fotointerpretación de la zona. El drenaje no manifiesta alineación, por el contrario los ríos Borburata y Patanemo se describen meandriformes con evidencias anastomosado, el drenaje secundario es de tipo enramado, sin un patrón de alineación determinado.

5.2.4. Diaclasas:

Las diaclasas presentes en la zona de estudio se encuentran predominantemente en la unidad de mármoles y en la unidad de esquistos cuarzo anfibolíticos micáceos, estas diaclasas presentan orientaciones y buzamientos diferentes, generalmente abiertas y de pocos centímetros, descritas a continuación:

La unidad de mármol presenta un sistema de diaclasas orientado N20W 45N con una frecuencia 1:1, cerradas en su mayoría, las abiertas manifiestan una separación entre 0,5 y 1 cm.



Figura 47: Diaclasas en la Unidad de Mármol, (N70E)

La unidad de esquistos cuarzo anfibolítico micáceo presenta sistemas de diaclasas conjugados, uno paralelo a la foliación con rumbo N60E 50°N, con frecuencia de 3:1 y uno perpendicular a la foliación con orientación N35W 40°N y frecuencia de 2:1.



Figura 48: Diaclasas en la UECAM, (N5E)

5.2.5. Vetas:

En la zona de estudio se observaron vetas de cuarzo, se encuentran en las unidades de esquistos cuarzo anfibolítico micáceo y en la unidad de metatromdhjemitas, son perpendiculares a la foliación y con espesores que van desde 4cm hasta 55 cm de espesor.



Figura 44: Veta de Cuarzo en la UECAM (N20W)

5.2.6. Boudines:

En la zona de estudio se encontraron boudines ubicados en el extremo norte de la unidad de esquistos cuarzo anfibolíticos micáceos, cuya composición es de anfibolita eclogítica circundados por esquistos-grafito-clorito-cuarzo-moscovíticos y grafito-calcítico-cuarzo-moscovítico, ubicados exactamente en el área denominada Punta Peñón.



Figura 50: Boudines de anfibolita eclogítica circundados por esquistos grafito-calcítico-cuarzo-moscovítico, **A**. (N50E), y por esquistos-grafito-clorito-cuarzo-moscovíticos, **B** (N10W)

CAPÍTULO 6
M E T A M O R F I S M O

6.1 Texturas Metamórficas:

6.1.1. Fase Pre-Tectónica:

En esta investigación las texturas encontradas dentro de esta fase son las siguientes:

- Porfidoblastos de albita, envueltos por micas, constituida principalmente por fengita, donde además se observa claramente sombras de presión, figura 51:



Figura 51: Fotomicrografía mostrando foliación envolviendo cristales, Nícoles cruzados Objetivo 2,5, Ocular 12,5

- Fracturación de cristales, representado por la presencia de porfidoblastos de granate mostrando fracturación, figura 52.

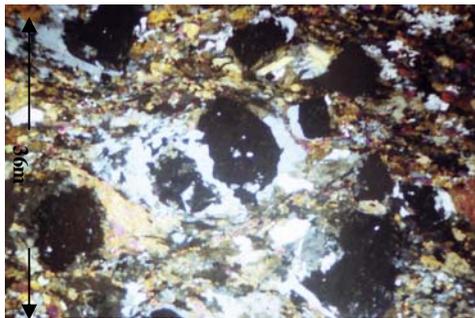


Figura 52: Fotomicrografía mostrando fracturación de un cristal de granate, Nícoles cruzados Objetivo 2,5, Ocular 12,5

6.1.2. Fase Sin-Tectónica:

Las texturas que en esta fase se encuentran en la zona de estudio se describen a continuación:

- Textura poiquiloblástica, observándose cristales de cuarzo, epidoto y esfena en cristales de albita, figura 53.



Figura 53: Fotomicrografía mostrando cristales de albita con múltiples inclusiones, Nícoles cruzados Objetivo 2,5, Ocular 12,5

- Textura de esquistosidad: apreciándose la disposición preferencial de las micas, figura 54.

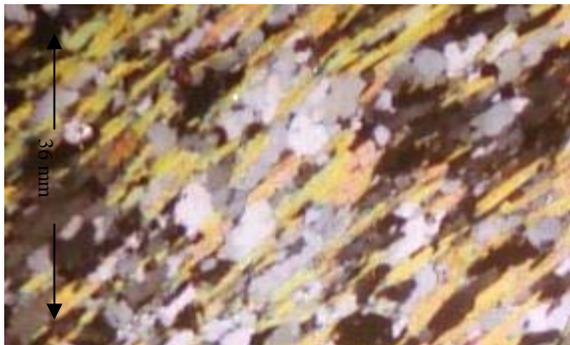


Figura 54: Fotomicrografía mostrando esquistosidad, Nícoles cruzados Objetivo 2,5, Ocular 12,5

6.1.3. Fase Post-Tectónica:

Texturas post-tectónicas presentes en la zona de estudio:

- En una de las secciones petrográficas analizadas en este estudio se evidencio la existencia de cristales de granate que exhibía granos pseudomórficos de cuarzo dispuestos circularmente, sin mostrar la típica forma “S” de la estructura.

6.2. Grados metamórficos:

La interpretación concerniente a los procesos metamórficos que afectaron la región se realizó considerando los criterios señalados a continuación:

- Los criterios establecidos por Miyashiro (1973) se emplearon para determinar la relación existente entre la presión y la temperatura.
- Recurriendo a los razonamientos de Turner (1981) se determinaron el grado metamórfico y las facies y zonas metamórficas presentes.

6.2.1. Unidad de Metatrondhjemitas (UMT):

La asociación mineral característica de esta unidad es la siguiente:

Cuarzo+albita+fengita+moscovita+clorita+biotita+epidoto+esfena+granate (almandino)

Estas rocas según su asociación y a la clasificación de Turner (1981) pertenecen a la facies de transición, zona del Almandino, de grado metamórfico intermedio, debido a la presencia del granate almandino.

6.2.2. Unidad de Mármol (UM):

Las asociaciones minerales características de esta unidad es la siguiente:

- Calcita+dolomita+tremolita+ fengita+ biotita+ epidoto +esfena
- Clorita+albita+cuarzo+calcita+actinolita

Estas rocas según sus asociaciones pertenecen a la facies de Esquistos Verdes, zona de la Biotita, de grado metamórfico bajo, (según la clasificación de Turner,1981)

6.2.3. Unidad Cuarzo Anfibolítico Micáceo (UECAM):

Las asociaciones minerales características de esta unidad son las siguientes:

- Calcita+cuarzo+albita+actinolita+fengita+grafito+epidoto+esfena+granate
- Cuarzo+clorita+actinolita+fengita+barroisita+clinozoisita+epidoto+esfena+granate

Estas rocas según su asociación pertenece a la facies de transición, zona del almandino grado metamórfico intermedio, según la clasificación de Turner (1981), debido a la presencia del granate almandino. Y según la clasificación de Miyashiro (1973) la asociación pertenece a la Facies Anfibolita Epidótica zona del almandino (Barrow), relación P/T intermedia, debido a la presencia del granate almandino y de la barroisita.

CAPÍTULO 7
ANÁLISIS QUÍMICO

7. ANÁLISIS QUÍMICOS:

Los análisis químicos fueron realizados en los Laboratorios pertenecientes a la cantera La Concepción ubicados en Yaritagua, estado Lara.

El análisis químico se empleó para determinar el porcentaje de Óxido de Calcio (CaO), Óxido de Magnesio (MgO), Carbonato de Calcio (CaCO₃) y Carbonato de Magnesio (MgCO₃), realizado a 32 muestras, pertenecientes a la UM, con el propósito de establecer el tipo de roca calcárea dolomítica presente en el área.

7.1. Resultados de los análisis químico:

7.1.1 Muestras pertenecientes a Venegras I :

TABLA 11 ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES A VENEGRAS I

MUESTRA	CaO	MgO	CaCO ₃	MgCO ₃
V2	49,65	0,08	88,67	0,17
V3	45,47	2,79	81,22	5,83
V4	52,62	0,16	93,99	0,34
V5	39,98	0,33	71,41	0,69
V6	54,63	0,37	97,56	0,77
V7	33,06	18,82	59,05	39,37
V8	8,01	0,62	14,3	1,29
V9	30,89	21,32	55,17	44,6
V10	31,57	19,6	56,39	41
V11	31,8	20,09	56,8	42,03
V12	32,6	18,53	58,23	38,77
V13	32,38	19,11	57,82	39,97
V14	35,29	16,93	63,03	35,42
V15	33,35	16,81	59,56	35,17
V16	39,3	11,77	70,18	24,62
V16I	37,12	7,42	66,3	15,52
V16-II	16,99	0,86	30,34	1,8
V16-III	54,51	0,49	97,36	1,03
PROMEDIO	36,62	9,78	65,41	20,47

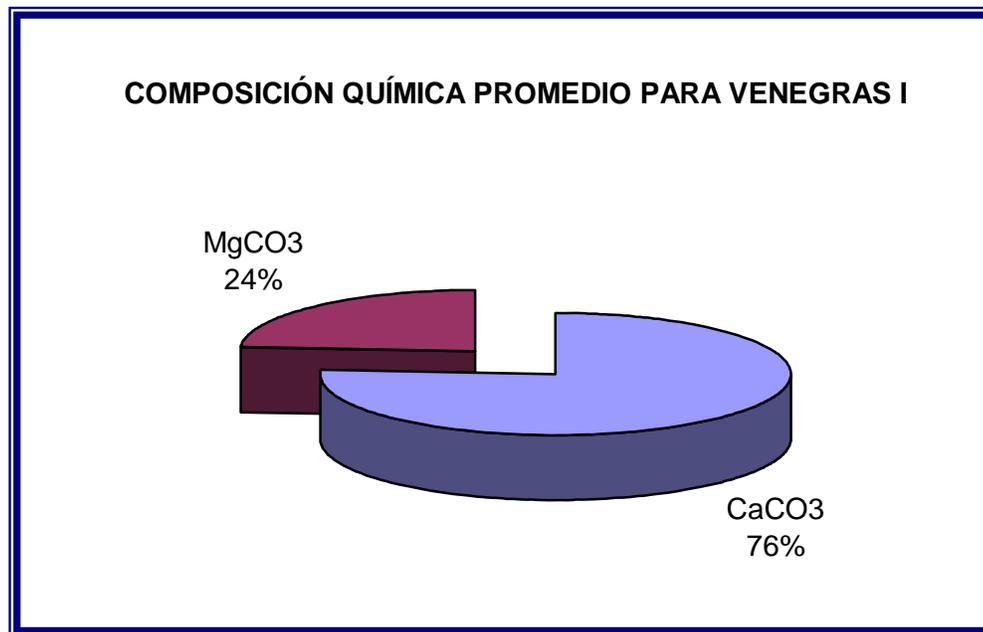


Figura 55: Promedio de los resultados de los Análisis químico para las muestras pertenecientes a Venegras I

7.1.2. Muestras pertenecientes a Venegras II:

TABLA 12: ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES A VENEGRAS II

MUESTRA	CaO	MgO	CaCO ₃	MgCO ₃
CANT II-1	50,62	0,21	90,41	0,43
CANT II-2	52,57	0,94	93,88	1,97
CANT II-10	3,78	1,27	6,74	2,66
CANT II-12	43,65	0,62	77,95	1,29
CANT II-14	38,32	13,16	68,45	27,53
CANTII-CONT1	34,15	13,61	60,99	28,48
CANTII-CONT2	4,86	1,44	8,68	3
CANT II-CONT3	51,82	1,11	92,56	2,32
PROMEDIO	34,97	4,05	62,46	8,46

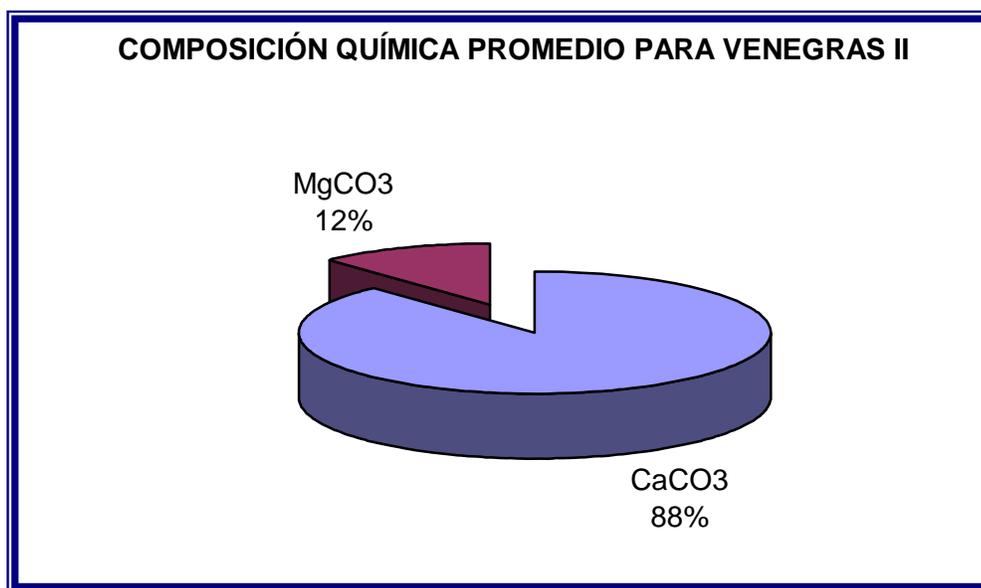


Figura 56: Promedio de los resultados de los Análisis químico para las muestras pertenecientes a Venegas II

7.1.3. Muestras pertenecientes a Mar Azul:

TABLA 13: ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES A MAR AZUL

MUESTRA	CaO	MgO	CaCO ₃	MgCO ₃
MA1	32,09	16,44	57,31	34,39
MA2	28,6	18,98	51,08	39,71
MA6	29,92	18,9	53,43	39,54
MA8	28,6	18,82	51,08	39,37
MA9	31,8	19,68	56,8	41,17
PROMEDIO	30,2	18,56	53,94	38,84

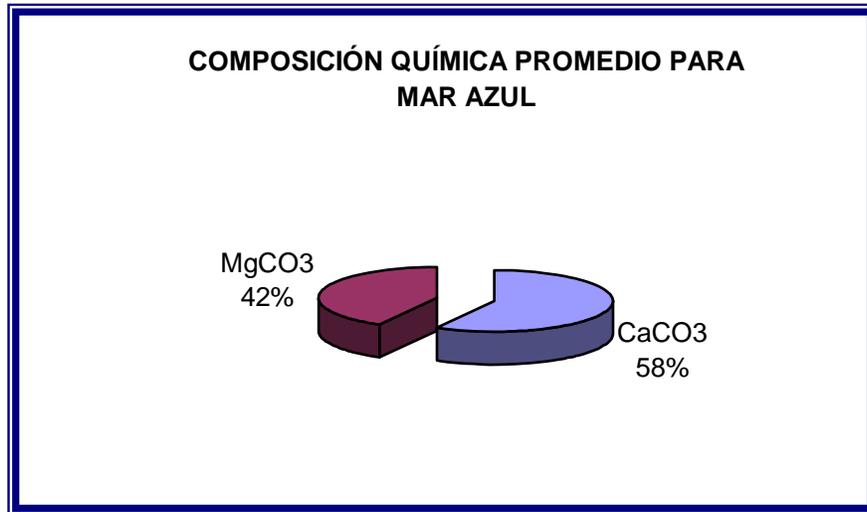


Figura 57: Promedio de los resultados de los Análisis químico para las muestras pertenecientes a Mar Azul

7.2. Clasificación de los mármoles por análisis químico:

Considerando el contenido de carbonato de calcio y el de carbonato de magnesio, obtenido en los análisis químico para cada muestra de la unidad de mármol, se clasifican los mármoles tomando en cuenta el criterio establecido por Teodorovich (1958), mostrado en la siguiente tabla:

**TABLA 14:ROCAS CALCÁREO DOLOMÍTICAS,
TEODOROVICH (1958)**

NOMBRE DE LA ROCA	CaCO ₃	MgCO ₃
Mármol calcítico	90-100	0-10
Mármol calcítico-dolomítico	80-65	20-35
Mármol dolomítico-calcítico	20-35	80-65
Mármol dolomítico	0-10	90-100

TABLA 15: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS PERTENECIENTES A LA UNIDAD DE MÁRMOL

MUESTRA	RESULTADO
V2	Mármol calcítico
V3	Mármol calcítico
V4	Mármol calcítico
V5	Mármol calcítico
V6	Mármol calcítico
V7	Mármol calcítico-dolomítico
V8	Lente Clorítico
V9	Mármol calcítico-dolomítico
V10	Mármol calcítico-dolomítico
V11	Mármol calcítico-dolomítico
V12	Mármol calcítico-dolomítico
V13	Mármol calcítico-dolomítico
V14	Mármol calcítico-dolomítico
V15	Mármol calcítico-dolomítico
V16	Mármol calcítico-dolomítico
V16I	Mármol calcítico-dolomítico
V16-II	Mármol calcítico
V16-III	Mármol calcítico
CANT II-1	Mármol calcítico
CANT II-2	Mármol calcítico
CANT II-10	Lente Clorítico
CANT II-12	Mármol calcítico
CANT II-14	Mármol calcítico-dolomítico
CANTII-CONT1	Mármol calcítico-dolomítico
CANTII-CONT2	Lente Clorítico
CANT II-CONT3	Mármol calcítico
MA1	Mármol calcítico-dolomítico
MA2	Mármol calcítico-dolomítico
MA6	Mármol calcítico-dolomítico
MA8	Mármol calcítico-dolomítico
MA9	Mármol calcítico-dolomítico

Los lentes cloríticos reportados en los resultados de los análisis químicos se mencionaron en las características distintivas de la unidad de mármol, donde se presenta una alternancia de los mármoles con esquistos de composición clorítica, esta composición fue determinada por análisis petrográfico, los análisis químicos arrojaron para estas rocas bajo contenido de calcita y dolomita, debido a que en ellas predomina la presencia de cuarzo, clorita y micas, minerales cuya composición química no fue determinada en estos análisis.

Existe discrepancia entre los resultados obtenidos por análisis químico y los obtenidos por difracción de Rx, debido a que el análisis químico arroja resultados de los óxidos presentes en todos los minerales que conforman la roca, mientras que la difracción arroja resultados referentes a la composición mineralógica de la muestra.

CAPÍTULO 8
ESTIMACIÓN DE RESERVAS

8. ESTIMACIÓN DE RESERVAS:

8.1. Estimación de reservas en afloramiento denominado Venegras I:

8.1.1. Zona donde aflora el mármol:

**TABLA 16: ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN VENEGRAS I,
ZONA DE AFLORAMIENTO.**

PERFIL	ÁREA	AREA PROMEDIO (m2)	DISTANCIA ENTRE PERFILES (m)	VOLUMEN PARCIAL (m3)
Ge1-Ge1'	2728,56	0,00	0	0,00
Ge2-Ge2'	4216,73	3.472,65	25	86.816,13
Ge3-Ge3'	8046,35	6.131,54	25	153.288,50
Ge4-Ge4'	12027,83	10.037,09	25	250.927,25
Ge5-Ge5'	14568,77	13.298,30	25	332.457,50
Ge6-Ge6'	17078,94	15.823,86	25	395.596,38
Ge7-Ge7'	19047,71	18.063,33	25	451.583,13
Ge8-Ge8'	20213,17	19.630,44	25	490.761,00
Ge9-Ge9'	26470,85	23.342,01	25	583.550,25
Ge10-Ge10'	25523,84	25.997,35	25	649.933,63
Ge11-Ge11'	29137,63	27.330,74	25	683.268,38
Ge12-Ge12'	32664,84	30.901,24	25	772.530,88
Ge13-Ge13'	35799,25	34.232,05	25	855.801,13
Ge14-Ge14'	37703,51	36.751,38	25	918.784,50
Ge15-Ge15'	40580,62	39.142,07	25	978.551,63
Ge16-Ge16'	42446,17	41.513,40	25	1.037.834,88
Ge17-Ge17'	51805,75	47.125,96	25	1.178.149,00
Ge18-Ge18'	56723,87	54.264,81	25	1.356.620,25
Ge19-Ge19'	56672,12	56.698,00	25	1.417.449,88
Ge20-Ge20'	56648,33	56.660,23	25	1.416.505,63
Ge21-Ge21'	56529,99	56.589,16	25	1.414.729,00
SUB-TOTAL 1:				15.425.138,88

8.1.2. Zona donde se infiere la existencia de mármol:

TABLA 17: ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN VENEGRAS I, ZONA INFERIDA.

PERFIL	ÁREA	ÁREA PROMEDIO ENTRE PERFILES (m2)	DISTANCIA ENTRE PERFILES (m)	VOLÚMEN PARCIAL (m3)
Gw1-Gw1'	4.056,20	0,00	0	0,00
Gw2-Gw2'	7.400,19	5.728,20	50	286.409,75
Gw3-Gw3'	12.259,58	9.829,89	50	491.494,25
Gw4-Gw4'	18.245,41	15.252,50	50	762.624,75
Gw5-Gw5'	19.843,12	19.044,27	50	952.213,25
Gw6-Gw6'	16.025,25	17.934,19	50	896.709,25
Gw7-Gw7'	30.323,20	23.174,23	50	1.158.711,25
Gw8-Gw8'	37.453,86	33.888,53	50	1.694.426,50
Gw9-Gw9'	40.724,38	39.089,12	50	1.954.456,00
Gw10-Gw10'	44.668,91	42.696,65	50	2.134.832,25
Gw11-Gw11'	54.202,99	49.435,95	50	2.471.797,50
Gw12-Gw12'	57.597,25	55.900,12	50	2.795.006,00
SUB-TOTAL 2:				15.598.680,75

8.2. Estimación de reservas en afloramiento denominado Venegras II:

8.2.1. Zona donde aflora el mármol:

TABLA 18: ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN VENEGRAS II, ZONA DE AFLORAMIENTO.

PERFIL	ÁREA	ÁREA PROMEDIO ENTRE PERFILES (m2)	DISTANCIA ENTRE PERFILES (m)	VOLUMEN PARCIAL (m3)
Pw0- Pw0'	438,56	0,00	0	0,00
Pw1- Pw1'	59,56	249,06	25	6.226,50
Pw2- Pw2'	892,98	476,27	25	11.906,75
Pw3- Pw3'	2.917,20	1.905,09	25	47.627,25
Pw4- Pw4'	6.142,08	4.529,64	25	113.241,00
Pw5- Pw5'	7.858,76	7.000,42	25	175.010,50
Pw6- Pw6'	9.609,42	8.734,09	25	218.352,25
Pw7- Pw7'	15.060,26	12.334,84	25	308.371,00
Pw8- Pw8'	16.908,72	15.984,49	25	399.612,25
Pw9- Pw9'	19.476,56	18.192,64	25	454.816,00
Pw10- Pw10'	29.409,97	24.443,27	25	611.081,63
SUB-TOTAL 3:				2.346.245,13

8.2.2. Zona donde se infiere la existencia de mármol:

TABLA 19: ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN VENEGRAS II, ZONA INFERIDA

PERFIL	ÁREA	ÁREA	DISTANCIA	VOLUMEN
		PROMEDIO ENTRE PERFILES (m ²)	ENTRE PERFILES (m)	PARCIAL (m ³)
Pe11- Pe11	28.107,33	0,00	0	0,00
Pe12- Pe12	33.879,47	30.993,40	25	774.835,00
Pe13- Pe13	36.296,90	35.088,19	25	877.204,63
Pe14- Pe14	34.989,29	35.643,10	25	891.077,38
Pe15- Pe15	28.533,43	31.761,36	25	794.034,00
Pe16- Pe16	30.077,55	29.305,49	25	732.637,25
Pe17- Pe17	21.462,51	25.770,03	25	644.250,75
Pe18- Pe18	22.973,51	22.218,01	25	555.450,25
Pe19- Pe19	11.188,25	17.080,88	25	427.022,00
Pe20- Pe20	9.144,90	10.166,58	25	254.164,38
Pe21- Pe21	7.566,46	8.355,68	25	208.892,00
Pe22- Pe22	8.266,07	7.916,27	25	197.906,63
Pe23- Pe23	7.529,08	7.897,58	25	197.439,38
Pe24- Pe24	7.747,34	7.638,21	25	190.955,25
Pe25- Pe25	4.615,23	6.181,29	25	154.532,13
Pe26- Pe26	2.643,33	3.629,28	25	90.732,00
SUB-TOTAL 4:				6.991.133,00

8.3. Estimación de reservas en afloramiento denominado Mar Azul:

TABLA 20: ESTIMACIÓN DE RESERVAS EN MAR AZUL, ZONA DE AFLORAMIENTO

PERFIL	ÁREA (m ²)	AREA	DISTANCIA	VOLUMEN
		PROMEDIO ENTRE PERFILES (m)	ENTRE PERFILES (m)	PARCIAL (m ³)
Ge1-Ge1	2.447,21	0,00	0	0,00
Ge2-Ge2	2.413,13	2.430,17	25	60.754,25
Ge3-Ge3	2.729,73	2.571,43	25	64.285,75
Ge4-Ge4	5.305,05	4.017,39	25	100.434,75
Ge5-Ge5	7.782,39	6.543,72	25	163.593,00
Ge6-Ge6	9.701,51	8.741,95	25	218.548,75
Ge7-Ge7	9.790,11	9.745,81	25	243.645,25
Ge8-Ge8	7.036,82	8.413,47	25	210.336,63
Ge9-Ge9	7.436,50	7.236,66	25	180.916,50
Ge10-Ge10	5.150,00	6.293,25	25	157.331,25
Ge11-Ge11	3.416,07	4.283,04	25	107.075,88
Ge12-Ge12	2.857,50	3.136,79	25	78.419,63
Ge13-Ge13	1.766,05	2.311,78	25	57.794,38
Ge14-Ge14	2.234,13	2.000,09	25	50.002,25
SUB TOTAL 5:				1.693.138,25

8.4. Volúmenes totales estimados en la Unidad de Mármol :

TABLA 20: VOLÚMENES TOTALES DE LA UM

UBICACIÓN	VOLUMEN DE MÁRMOL OBSERVADO (m3)	VOLUMEN DE MARMOL INFERIDO (m3)	VOLUMEN TOTAL POR CANTERA (m3)
VENEGRAS I	15.425.138,88	15.598.680,75	31.023.819,63
VENEGRAS II	2.346.245,13	6.991.133,00	9.337.378,13
MAR AZUL	1.693.138,25	0,00	1.693.138,25
SUB TOTAL	19.464.522,26	22.589.813,75	42.054.336,01

CAPÍTULO 9

ANÁLISIS DE RESULTADOS

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los análisis de las secciones finas permitieron interpretar tres unidades litológicas informales con características mineralógicas diferenciables entre sí. Con respecto al metamorfismo sufrido por las rocas presentes en el área, es importante destacar la presencia de rocas con metamorfismo de facies anfibolita epidótica, relación P/T intermedia (UECAM), dispuestas sobre rocas con metamorfismo de facies de esquistos verdes, relación P/T baja (UM). Evidenciando la presencia de fallas de corrimiento o inversas.

Los resultados obtenidos al teñir las secciones petrográficas con Alizarin Red S., determinaron la composición calcítica para la totalidad de las muestras de la unidad de mármol, debido a que todas las secciones finas tomaron una coloración rojiza. Este resultado es contradictorio con los obtenidos por difracción de Rx, donde tres muestras manifestaron una composición predominantemente dolomítica, resultando cónsono con la verificación realizada mediante el uso de ácido clorhídrico.

Los volúmenes parciales de los diferentes tipos de mármol presentes en la zona de estudio (dolomíticos, dolomíticos-calcíticos, calcíticos-dolomíticos y calcíticos) no pudieron ser estimados, debido a que es necesario establecer con precisión la composición de los mármoles del área por medio de difracción de Rx, estos análisis permiten obtener la relación exacta entre dolomita y calcita para cada muestra.

En esta investigación es tratada la Unidad de mármol como una Reserva Mineral, debido a ello los volúmenes son dados en m³, y los resultados denominados reservas probables. Además por medio de esta investigación no se establecieron con exactitud las dimensiones del cuerpo mineralizado, ni la relación existente entre los minerales que la componen.

Las reservas probables fueron calculadas considerando dos escenarios, inicialmente se contemplaron los mármoles cuyos contactos fueron observados en campo y cartografiados en el mapa de la zona, (zona de afloramiento), y en segundo término se consideró la continuidad del afloramiento de mármol por interpretación topográfica (zona inferida).

CAPÍTULO 10
CONCLUSIONES

En base a los datos y observaciones obtenidos en campo e interpretación de los resultados de laboratorio, el área de estudio se dividió en cuatro unidades litológicas informales considerando además el área que ocupa cada una de ellas, (ver mapa anexo).

- Unidad de Metatrondhjemita (UMT), con una extensión aproximada de 5 Km², cuya composición predominante es de cuarzo y feldspatos. La textura predominante en las rocas encontradas pertenecientes a esta unidad es la foliación; presentando un patrón promedio de orientación N60°E y Buzamientos entre 40 y 50° al Norte. La unidad (UMT) se correlaciona con la Asociación Metamórfica El Ávila (sin diferenciar), definida por F. Urbani y M. Ostos (1989).
- Unidad de Mármol UM, está representada por tres cuerpos lenticulares aislados, cuyos espesores promedios son 232m en el afloramiento denominado Venegras I, 175m en el denominado Venegras II, y 156m para el afloramiento denominado Mar Azul. Esta unidad presenta una extensión aproximada de 1,2 Km² esta unidad se distingue por su composición homogénea de calcita, dolomita y anfíboles, haciendo notar la presencia de lentes esquistosos de composición clorítica que interrumpen la homogeneidad de la misma. Presenta diaclasas con orientación N20W 45N con una frecuencia 1:1, cerradas en su mayoría. Los resultados de los análisis químicos en la Unidad de Mármol muestran altos porcentajes de CaO y CaCO₃, y bajos porcentajes de MgO y MgCO₃, clasificando la roca como Mármoles Calcíticos (38%) y Mármoles Calcíticos Dolomíticos (62%).

Los resultados por difracción de Rx elaborado a cinco muestras pertenecientes a la unidad de mármol arrojaron los siguientes resultados, (2) Mármoles dolomíticos- calcíticos, (1) Mármol-dolomítico, (2) mármoles-calcíticos.

La estimación de reservas para la Unidad de Mármol, se realizó para los tres afloramientos perteneciente a la misma, denominados Venegras I, Venegras II y Mar Azul, considerando dos escenarios, el primero incluye todos los mármoles que afloraban y en los cuales se determinaron los contactos con las rocas adyacentes, el segundo escenario incluye los mármoles cubiertos y donde fue imposible precisar los contactos.

En Venegras I, el volumen de mármol que aflora es de 15.425.138,88 m³ y el volumen de mármol inferido es de 15.598.680,75 m³.

Para Venegras II el mármol aflorante tiene un volumen de 2.364.245,13 m³ y el volumen inferido es de 6.991.133,00.

En el caso de Mar Azul, todo el mármol aflora, arrojando un total de 1.693.138,25 m³ de volumen.

La Unidad de Mármol presenta un volumen total aflorante de 19.464.522,26 m³ e inferido de 22.589.813,75 m³, arrojando un total general de 42.054.336,01 m³ de volumen estimado.

Esta unidad es correlacionable con la Asociación Metamórfica La Costa, definida por Urbani y Ostos (1989), Urbani "et al". (1989a, 1989b).

- Unidad de Esquistos Cuarzo Anfíbolítico Micáceo (UECAM), con una extensión aproximada de 4,5Km², de composición predominante cuarzo, anfíboles, micas, calcitas y granate. La textura predominante en las rocas encontradas pertenecientes a esta unidad es la foliación, presentando un patrón promedio de orientación N70°E y Buzamientos entre 40 y 70° al Norte. Esta unidad presenta sistemas de diaclasas conjugados, uno paralelo a la foliación con rumbo N60E 50°N, con frecuencia de 3:1 y uno perpendicular a la foliación con orientación N35W 40°N y frecuencia de 2:1. En la UECAM se observó la presencia de tres pliegues, uno de los cuales era de segundo orden en forma de “Z.” En esta unidad se observaron vetas de cuarzo perpendiculares a la foliación y con espesores que van desde 4cm hasta 55 cm de espesor. Además fueron encontrados boudines, cuya composición es de anfíbolita eclogítica circundados por esquistos-grafito-clorito-cuarzo-moscovíticos y grafito-calcítico-cuarzo-moscovítico. Esta unidad es correlacionable con la Asociación Metamórfica La Costa, definida por Urbani y Ostos (1989), Urbani “et al” (1989a, 1989b).
- Unidad de Sedimentos Recientes (USR) con una extensión aproximada de 960m² conformada por suelos arcillosos de colores rojizos producto de la oxidación, por suelos de colores oscuros productos de la descomposición de materia orgánica, y por la existencia de crecimiento de barreras de coral.

En el área de estudio, se manifiesta un solo sistema de fallas, en dirección N80E, con un movimiento aparente de transcurrencia dextral, perteneciente al sistema de falla de San Sebastián, ubicada en el extremo norte del área de estudio.

CAPÍTULO 11

RECOMENDACIONES

11. RECOMENDACIONES:

- Realizar investigaciones aplicando métodos geofísicos específicamente sísmica de reflexión para obtener tomografías del subsuelo y métodos eléctricos en las zonas adyacentes, denominada Unidad de Sedimentos Recientes (USR), con el propósito de establecer con precisión la geometría y continuidad de los cuerpos de mármol.
- Elaborar perforaciones verticales y toma de núcleos, en las laderas posteriores a las canteras Venegras I y Venegras II, con el propósito de establecer con precisión la extensión del cuerpo de mármol..
- No usar la técnica de teñido de sección fina con “Alizarin Red S” en rocas metamórficas, debido a que arroja resultados erróneos.
- Realizar Difracción de Rx a todas las muestras que conforman la unidad de mármol para determinar con precisión la composición mineralógica de la misma.
- Realizar investigaciones que determinen una metodología para establecer con precisión la composición calcítica o dolomítica de los mármoles mediante el uso de ácido clorhídrico.
- Realizar estudios geológicos en el flanco norte de la Cordillera de la Costa que permitan constatar a que Asociación Metamórfica pertenecen los mármoles objetos de la presente investigación.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AGUERREVERE S. E. & G. ZULOAGA. 1938. *Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa*. Bol. Geol, y Min., Caracas, 2(2-4): 281-284.
- AGUILERA Z. & VALLENILLA, D. 1985. *Geología de la zona La Entrada, Naguanagua, Carabobo*, U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 316pp.
- BLANCO G., B. *Geología de una zona ubicada en el este de Chivacoa, Distrito Sucre, Bruzual y Nirgua, Estado Yaracuy*. U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 177p.
- BARRIOS A., F. 1987. *Geología de la zona El Palito-Naguanagua, Estado Carabobo*, U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 172p.
- BELLIZIA A. & RODRÍGUEZ G. 1968. *Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo*, Bol. Geol. 9(18):515-563.
- BELLO A. & ICHASO, A. 1999. *Estudio Geológico y de factibilidad de materiales a ser usado como agregados gruesos para concreto, Hacienda El Cedro, Distrito Montalbán, estado Carabobo*. U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 145p.
- BONILLA J. 1980, *Plan de explotación del yacimiento de dolomita, Sanare, Tucacas, estado Falcón sur oriental*, Fac. Ing. Dep. Min- Trabajo Especial de Grado, Inédito.

- BRICEÑO C. 1993, *Explotación de Caliza Dolomítica, Puerto Cabello, estado Carabobo*, Fac. Ing. Dep. Min. Informe de Pasantía, Inédito.
- BUSTILLOS, M. Y LÓPEZ G. 1996. *Recursos Minerales. Tipología. Prospección, evaluación, explotación, mineralogía, impacto ambiental*. Entorno Gráfico S.L. Madrid. 372p.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA. 1970, *Léxico Estratigráfico de Venezuela. Bol. Geol. Public. Esp. 5*, p756.
- CONTRERAS O. 1988. *Geología de la región de Valencia-Mariara, estado Carabobo*, Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 172pp.
- DANA, H. 1960. *Manual de Mineralogía*, Ed. Reverté, México, 600p.
- DENGO, G. 1951. *Geología de la Región de Caracas*, U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 236p.
- DE TONI M., B. 1983. *Geología de la zona de Guacara-San Joaquín, Estado Carabobo*. U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 255p.
- EVANS, A. 1993. *Ore geology and industrial minerals: An introduction*. Blackwell Science, 389p.
- FALCÓN R. 1980 *Geología de la zona de El Palito-El Cambur, estado Carabobo*. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 236p.
- FEO-CODECIDO, G. 1962 *Contribución de la Geología de Venezuela nor-central*. *Asoc. Venez. Geol. Min y Petro.*, *Bol Inform.*, 5(5):119-142.

- FLORES, G., 1983. *Geología de la región de Virgirimá-San Diego, Carabobo*, Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 266p.
- FRASS, M. 1981, *Geología de la región de Valencia-Naguanagua, estado Carabobo*. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 281p.
- GONZÁLEZ DE JUANA C. 1980, *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*. Ed. Foninves, p. 1031.
- GONZÁLEZ S., L. 1972, *Geología de la Cordillera de la Costa, zona centro occidental*. *Bol. Geol. Public. Esp.* 5(3):p1589-1618.
- GRANDE, S. 1982. *Geología de la zona Trincheras-Vallecito, Estado Carabobo*, Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito.
- GUILBERT, J. 1986. *The geology of ore deposits*, Freeman. 985p.
- HIGGINS, M. 1971. *Cataclastic rocks*. *Geol. Surv. Profesional paper* (687) U.S.A., 571p.
- HYNDMAN, D. 1972. *Petrology of Igneous and Metamorphic Rock*. Mc Graw-Hill Book Company, N.Y., 533p.
- KERR, P. 1965. *Mineralogía Óptica*. Graw-Hill Book Company, N.Y., 433p.
- LÓPEZ, V. *Geología del Valle de Valencia*. *Revista Fomento (Venezuela)*.4(45-46):47-72.

- LÓPEZ & QUINTANA, 1992. *Plan de explotación del yacimiento de caliza Paso del Medio, municipio San Sebastián, edo. Lara*. Fac. Ing. Dep. Min. Trabajo Especial de Grado, Inédito. 235p.
- MATTSON P.H. 1981. *Geology of Las Trincheras Area, State of Carabobo, Venezuela. Mem, IX Conf. Geol. Caribe. Santo Domingo*: 1-17.
- MENÉNDEZ, V. 1966 *Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. Bol. Geol.* 8(15): p116-139.
- MIYASHIRO, A. 1978, *Metamorphism and metamorphic belts*. George Allen & Unwin. 492p.
- MORGAN, B. 1969, *Geología de la región de Valencia, estado Carabobo, Venezuela, Bol. Geol.* (Caracas), 10(20):3-13.
- NAVARRO E. & OSTOS M. & YORIS F. 1987, *Revisión y definición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte norte-central de Venezuela durante el jurásico medio-paleogeno*. Acta Científica Venezolana, 40:427-436.
- NÚÑEZ, M., 1995. *Variación de color y mineralogía de los mármoles del Peñón de las Guacas, estado Miranda*. Acta Científica Vzlna. 46 (Supl 1).
- OMAHÑA. L. 2002. *Integración de la Geología de la zona Morón-Valencia-Ocumare de la Costa, estados Carabobo y Aragua*. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 323 pp.

- OSTOS M, 1987. *Texturas de cizalla en la Formación Peña de Mora, Cordillera de la Costa, Venezuela*. Mem. 1ras Jornadas Investg. Ingeniería, UCV, Caracas, p.102-105.
- OXBURGH, E. 1965 *Geología de la Región Oriental del estado Carabobo, Venezuela, Bol. Geol.*, Caracas 11: 113-208.
- RAMSAY G. 1977. *Plegamiento y Fracturación de las rocas*, España. Ed. H. Blume. 590p.
- RODRÍGUEZ. M. 1986, *Recursos Minerales de Venezuela Bol. Geol.*, 15(27): p.104-109.
- RODRÍGUEZ, N.; RUIZ, A. & TUNDIDOR, E. 2000. *Caracterización Química por fluorescencia de Rx y radioisotópica por espectrometría gamma multicanal de dos secciones estratigráficas de la Formación Guárico, El Pao, estado Cojedes*. U.C.V. Fac. Ing. Dep. Geol. Trabajo Especial de Grado, Inédito, 263p.
- SPRY, A. 1979, *Metamorphic Textures*, Australia, Ed. Pergamon Press.350p.
- TALUKDAR & LOUREIRO (1982), *Geología de una zona ubicada en el segmento norcentral de la Cordillera de la Costa, Venezuela: Metamorfismo y deformación. Evolución del margen septentrional de Sudamérica en el marco de la tectónica de placas. Revista Geos. Caracas, (27):15-76.*
- TURNER F. 1981. *Metamorphic Petrology Mineralogical field and tectonic aspec.*, 2da Ed. Mc. Graw Hill. Book. CO., N.Y. 524p.

URBANI, F. 1969, *Tectonismo, petrogénesis y geoquímica*. *Bol. Geol.* 12(10).

_____ & OSTOS, M. 1989, *El complejo Ávila, Cordillera de la Costa, Venezuela*, *Geos*, UCV, Caracas (29):205-217.

_____ & OSTOS, M. 1989 *Geología de dos geotransversales de la Cordillera de la Costa, parte 4. Geología de la región de El Palito-Valencia-Mariara, Carabobo*. *Bol. Geociencias*. UCV. Caracas (16):1-128.

_____ AROSTEGUI, G.; MACHILLANDA, C. & VILLALTA, C. (1997) *Variación del contenido de dolomita en los mármoles de la parte central de la Cordillera de la Costa, D.F. y Edo. Miranda, Venezuela*. Mem VIII Congreso Geológico Venezolano (en prensa)

_____ 1999. *Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. *Geos*, UCV, Caracas (33):1-170.

WEHMANN, M. 1972. *Geología de la región de Caracas-Colonia Tovar*. *Bol Geol.*, Caracas, *Public. Esp.* 5,4:2093-2121.

WINKLER, H. 1979. *Petrogénesis de rocas metamórficas*, España, Ed. H. Blume, 346p.

ZAPATA, E. 1983. *Manual de petrografía y diagénesis de rocas carbonáticas*. *Geos* UCV, Caracas (28):3-139.

“Léxico Estratigráfico de Venezuela.” 1999. CIEN – Comité Interfiliales de Estratigrafía y Nomenclatura. Léxico estratigráfico electrónico de Venezuela. PDVSA, INTEVEP, edición en CD y en www.pdvsa.com/lexico.

Venezuela. Ministerio de Desarrollo Urbano. 1984. Puerto Cabello-Moron. Hoja H14. Carabobo. 45X32. Escala 1:10.000. Mapa Topográfico.

Venezuela. Ministerio de Desarrollo Urbano. 1984. Puerto Cabello-Moron. Hoja H15. Carabobo. 45X32. Escala 1:10.000. Mapa Topográfico.

Venezuela. Dirección de Cartografía Nacional. 1984. Puerto Cabello. Hoja 6647IIINO. Valencia. 45X60. Escala 1:25.000. Mapa Topográfico.

Páginas electrónicas consultadas:

<http://www.astromia.com/tierraluna/sedimeta.htm>

<http://www.edafología.ugr.es/optmine.htm>

http://www.fagro.edu.uy/geologia/web/Mat_Apo/RyM/rym-4.htm

<http://www.funvisis.com.go.ve/tectonica/fallas.htm>

<http://5.50megs.com/esa/mindep/mindep.html>

<http://redgeociencias.org.ve/geo/neotectonico.gif>

<http://www.todogeología.com>