

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA METATRONDHJEMITA DE MATASIETE EN UNA ZONA UBICADA ENTRE GUARAME Y SABANA DE GUACUCO, ESTADO NUEVA ESPARTA, CON MIRAS A OBTENER MENA FELDESPÁTICA DE VALOR COMERCIAL**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
optar al título de Ingeniero Geólogo  
Por la bachiller  
Delgado Rojas Karen Virginia

Caracas, Junio 2006

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA METATRONDHJEMITA DE MATASIETE EN UNA ZONA UBICADA ENTRE GUARAME Y SABANA DE GUACUCO, ESTADO NUEVA ESPARTA, CON MIRAS A OBTENER MENA FELDESPÁTICA DE VALOR COMERCIAL**

**Tutor académico: Prof. Sebastián Grande**  
**Tutor industrial: Prof. Simón Rodríguez**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
optar al título de Ingeniero Geólogo  
Por la bachiller  
Delgado Rojas Karen Virginia

Caracas, Junio 2006

Caracas, Junio 2006

## **CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Concejo de escuela de Ingeniería geológica, para evaluar el trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Karen Virginia Delgado Rojas, titulado:

### **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA METATRONDHJEMITA DE MATASIETE EN UNA ZONA UBICADA ENTRE GUARAME Y SABANA DE GUACUCO, ESTADO NUEVA ESPARTA, CON MIRAS A OBTENER MENA FELDESPÁTICA DE VALOR COMERCIAL**

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 Martiz  
Jurado

Prof. Ruthman Hurtado  
Jurado

Prof. Sebastián Grande  
Tutor Académico

Prof. Simón Rodríguez  
Tutor Industrial

*A mis Padres,  
A mis hermanos,  
A Mamasol  
Y a mis ángeles,  
Paúl y el que está por llegar*

## AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por permitir formarme como profesional, por ser el lugar donde pase los mejores momentos de mi vida, y donde conocí a personas maravillosas.

Al profesor Sebastián Grande por guiarme para que este trabajo culminará de la mejor manera, al Profesor Simón Rodríguez por darme la oportunidad de realizar esta investigación, a la profesora Mónica Martiz, por siempre creer en mí, por haberme dado las mejores salidas de campo y por enseñarme lo interesante que es la minería,

Al profesor Ricardo Alezones por permitirme trabajar en su laboratorio, por estar siempre dispuesto a ayudarme, por tener siempre una respuesta a todo y por tener la mejor música...GRACIASSSSSSS PROFE!!!!

A todos los profesores que ayudaron en mi formación, al prof. Mederos por su cariño y sus bonitas palabras todos los días, al prof. José Peña por su paciencia y comprensión cuando curse economía y legislación minera, al Prof. Lenin González por su disposición a ayudarme, al profesor Paúl Romero por su amistad y su ayuda.

A mi madrecita por su incondicionalidad, su sacrificio y todo su apoyo, por su amor, por soportar mi mal humor, por ser mi inspiración y una razón constante para seguir adelante y llegar siempre más lejos. A mis hermanos por estar allí, a mi hermano Michael por tener un corazón enorme y por darme una razón por la cual luchar (mi sobrina), a Julvi por ser el pilar de la casa y por tratar de poner un poco de orden en casa, en fin, por todo el amor que hay entre nosotros a pesar de todas las peleas e inconvenientes... los amo y esto también es para y por ustedes...

A mi papá por su ayuda a lo largo de mi carrera, sobre todo mientras estuve de campo.

A mi ángel Paúl, por ser la personita que ilumina mi vida y la de mi familia, porque con un beso y un abrazo puede hacer que se acaben las tristezas, por ser lo más bello y tierno que hay, te amo mi chiquito, aunque aún no puedas leer esto. A Neisa Chic por traer al mundo a mi ángel adorado y por permitir que sea parte de mi familia.

A la familia López Otero por adoptarme como un miembro más, por estar siempre allí incondicionalmente cuando más lo he necesitado, Al Sr. Camilo, a Mamasol por ser mi segunda madre, por todos sus consejos, su cariño y por sus pizzas. A Carito por ser mi mejor amiga, mi cómplice, mi hermana, en fin por estar desde el inicio hasta el final de mi carrera, A Bego por ser mi otra hermana, por su cariño inmenso, por sus consejos, por su apoyo incondicional siempre, especialmente mientras estuve de campo...Gracias gracias gracias, nunca me cansaré de agradecer que sean parte de mi vida y por todo lo que han hecho por mi...

A mis tías y tíos por haber estado allí de una u otra forma, en especial a mi tía Beba, Raquel, Bella y a mi tío Marcos, por su apoyo en la etapa de campo.

A las maravillosas personas con las que tuve el honor de compartir mientras estuve de campo en la isla:

A mi primo bello Yrben por permitir que me quedara en su casa, por estar pendiente de mis "piedras", por compartir conmigo todo su cariño, su ternura, su

calidad humana y sobre todo por ser mi primito consentido...eres una belleza primo y te adoro muchoooooooooo!!!!

A mi otro primo bello y consentido Jurian por todos sus consejos, y por hacerme ver lo que equivocada que he estado algunas veces, por cuidarme, por estar pendiente de mi y por siempre impulsarme a llegar mas lejos...TQM.

Al mejor compañero de campo: Nestor Rago por todo tu apoyo, por pararse temprano aunque hubieses dormido solo 2 horas (incluso los fines de semana) por todas las muestras que me ayudaste a picar, por tus fotos...este trabajo tiene tu sello y sin ti no lo hubiese podido hacer...

A mis otros compañeros de campo Alexander Navarro y Luis Marco Castillo, por acompañarme, por compartir conmigo todos esos momentos, por hacerme reír, por enseñarme un poquito de basket, y de la isla y sobretodo, gracias por regalarme el mejor tour playero y el MEJOR ATARDECER DE MI VIDA!!!!

A mi Tía Nena por ser mi mamá durante esos días, por acompañarme a campo varios días, por estar siempre pendiente de mi, por sus ricas comidas y café y por sus consejos...

A mi gran amigo el Ingeniero William Olaya "Cuky" por siempre estar a mi lado, por tu apoyo en campo, por arreglar la brújula, porque siempre sacabas tiempo de donde no tenias para compartir un rato conmigo...

A mis Miguis María Rodríguez, Gioia Guglianone y Chili...por ser más que mis panas de rumba, por ser mis amigas y por continuar esta amistad hoy en día, Gracias muchachas por todos los cafés compartidos que animaban las conversaciones de todas las noches, por sus consejos, a ti Gioia por ir conmigo a campo y por las fotos...este trabajo también tiene un pedacito tuyo...

A María Gabriela Orihuela (la Catira) por ser mi ángel cuando estuve allá, por aparecer cuando más lo necesitaba y por todos los ratos que compartimos al lado del "Titi", gracias por permitirme conocer lo maravillosa persona que eres...Mil gracias amiga

A otro de mis tantos compañeros de campo, a Angel Santillo (grandotote) por su amistad desde hace muchos años y por acompañarme varios días a campo...

A Chongo por compartir en la misma casa casi la mitad del tiempo que estuve allá.

A Rudy, por ir conmigo a campo sin importar las espinas, el calor, y por preocuparse por recuperar el mapa y el cincel jejejeje

A todas las personas con las que compartí en algún momento, Nicole, Nineth, Karol, Carlos, Christopher, a Alita, al personal de frogs, a Ruth, al Señor Antonio (Atenea Suites)...

Gracias a todos por compartir conmigo, de una u otra forma, esos dos meses y por hacer que me enamorara mas de la isla y por convencerme que no hay mejor lugar para vivir!!!!

A mi enanito lindo, José Penín (Piolo, brujita) por su amistad, por siempre cuidarme, aconsejarme y por ser una de las personas mas incondicionales que conozco, gracias por esta amistad que, aún cuando tuvimos algunos inconvenientes, se mantiene hoy en día y espero que así sea siempre.

A la familia Ariza D' Andrea por darme alojamiento en la ultima etapa de este trabajo, a la Sra. María Antonieta por las ricas arepas en el desayuno, a la fea Marianto por su INCONDICIONAL amistad, mil mil mil gracias por todo, no tengo palabras

para agradecerte todo tu apoyo y por haber estado en el momento justo con las palabras precisas... Te quiero mucho fea....

A mis amigas Krystel y Nata, por estar conmigo no solo en las buenas sino siempre en las malas, por todo su apoyo, sus consejos, ser incondicionales conmigo y por todos los momentos compartidos a lo largo de la carrera.

A Elias Varela por la GRAN GRAN ayuda que me brindó cuando empecé este proyecto, a Adriana González por su piqueta, a Adriana Alvarado (Adri) por su amistad y por sus sabios consejos siempre, al Ingeniero Diego Vasquez (Dieguito) por su apoyo, por su asesoría on line y por ayudarme con cad.

A mi hermanito Luis Berroteran por su apoyo para la etapa de campo, por todos los momentos compartidos, por sus consejos, por siempre querer lo mejor para mí...en pocas palabras, por su gran amistad.

A Isabel López por permitir que estuviera comunicada en la primera etapa de campo y por las palabras de animo que me brindo siempre, a Mauricio "Bravutti" por su amistad y por ser el que mejor entendía lo incomoda que puede llegar a ser la pregunta "¿cuando presentas?".

A Milton Benedetti por su amistad desde hace muuuuuucho tiempo y por ayudarme a que mis muestras no las regresaran a la isla.

A mi amigo Rodrigo Gutierrez por siempre estar pendiente de que todo saliera bien, y por su amistad de hace mucho tiempo.

A Abdel Abuhazi por hacerme reír siempre por messenger y su interés en que todo saliera bien.

A Marco Hernández por su asesoría on line y por sus palabras para animarme.

A mis compañeros de minas (Karla, Juan, Thania, Hildemaro, Rimsky, Javier, Ivan, Leo) por compartir conmigo mis mejores salidas de campo y por hacerme sentir como una minera más.

Al personal de la biblioteca de Geología, a la Sra. Morella por consentirme, por su cariño, por sus palabras de aliento y por su disposición a ayudarme siempre, y sobre todo por siempre confiar en mí, a Eduardo Castillo por el café y por siempre saber que libro buscaba aún sin tener la cota, a Angel Labrador por ser mi compañero de viajes a La Guaira.

A Eunice por hacer que todos los tramites fueran más simples y por siempre estar dispuesta a colaborar.

Al Ingeniero Jorham Contreras por ayudarme con la geología regional aún estando muy lejos.

A Hildemaro Rodríguez por su ayuda en la edición de las imágenes de este trabajo, y por enseñarme lo poco que sé de Corel Draw

A Javier y Adriana, por compartir el almuerzo de todos los días, y por hacer del lab. un lugar muy muy agradable.

A mis amigos Tito, Yulner, Roger Orly, el negro Andrés, El Fantasma Edgard, Daniel Useche (Winnie), Alexis el obrero, Manuel Araque (brujito), Cleiber (Bono), Daniela, Chilanga, Elisa Ochoa, José Manuel, Marco Gómez, El Capi Ricardo Vélez, Rodrigo Palacios (Roro), Manuel Azancot, Yoyis, Mafe, por haber estado allí de una u otra forma...

GRACIAS GRACIAS GRACIAS....

**Delgado R., Karen V.**

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA  
METATRONDHJEMITA DE MATASIETE EN UNA ZONA  
UBICADA ENTRE GUARAME Y SABANA DE GUACUCO,  
ESTADO NUEVA ESPARTA, CON MIRAS A OBTENER  
MENA FELDESPÁTICA DE VALOR COMERCIAL**

**Tutor académico: Prof. Sebastián Grande. Tutor industrial: Ing. Simón Rodríguez.  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y  
Geofísica. Departamento de Geología. Año 2006, 144 p.**

**Palabra claves:** Metatrondhjemita de Matasiete, Mena feldespática, Industria cerámica, Estado Nueva Esparta

**Resumen.** El objetivo principal de este trabajo consiste en la caracterización geológica de la Metatrondhjemita de Matasiete para cuantificar la cantidad de feldespato presente en este cuerpo de roca.

Se realizó un levantamiento geológico de campo con el fin de adquirir las muestras a las cuales se les realizaron estudios petrográficos y geoquímicos, con el fin de determinar el contenido de feldespatos de acuerdo a minerales normativos, y la composición de óxidos para determinar el contenido de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) y ferromagnesianos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ ) para elaborar un mapa de distribución de minerales normativos y un mapa de distribución de análisis químicos para establecer la distribución en la zona de estudio.

Las especies minerales presentes en la zona de estudio son plagioclasas, del tipo oligoclasa y cuarzo, con contenidos menores de epidoto, muscovita (fengita) y estilpnomelana. Además, minerales ferromagnesianos como magnetita.

Las rocas estudiadas presentan asociaciones mineralógicas que indican que se vieron afectadas por un metamorfismo de bajo grado, el cual se ubica en la facies de los esquistos verdes, subfacies cuarzo- albita- muscovita- clorita, zona de la clorita. El metamorfismo que afecto a las rocas ultramáficas (serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí) es de grado bajo, facies de los esquistos verdes, subfacies subfacies Cuarzo – albita- muscovita – clorita, zona de la clorita. Estas rocas sufrieron un gradiente geotérmico entre 4 y 6 Kb y 400 a 500°C.

Se encontraron muestras con texturas cataclásticas, las ultramilonitas se encuentran en la zona más cercana a la Falla de Matasiete, las ortomilonitas se encuentran mayormente en las cercanías del contacto del cuerpo Metatrondhjemítico con las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí y las protomilonitas se observan principalmente en la zona sur del cerro Matasiete y en la parte media del cuerpo trondhjemitico en la dirección NS.

El contenido de  $\text{Na}_2\text{O}$  de las muestras, permite clasificar el mineral como sódico, lo que lo hace apto para la producción de bizcocho cerámico, sin embargo, la presencia de contaminantes como hierro y cuarzo en valores por encima de los requerimientos técnicos hacen necesario su beneficio.

La Metatrondhemita de Matasiete se puede emplear como mena feldespática para ser utilizada en la fabricación del bizcocho cerámico, siempre y cuando se realicen las acciones requeridas para mejorar el mineral feldespático, ya sea por separación magnética para extraer el material ferromagnesiano o por flotación para eliminar el exceso de cuarzo. Pero no es recomendable su uso como materia prima para la elaboración de esmalte sanitario ya que no cumple con los requerimientos exigidos.

# INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1. Objetivos y alcance del trabajo	1
1.1.1.1 Objetivo General	1
1.1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 ÁREA ESTUDIADA	2
1.3 VÍAS DE ACCESO	2
1.4 METODOLOGÍA	3
1.4.1 Fase de pre-campo	3
1.4.2 Fase de campo	3
1.4.3 Fase de Laboratorio	4
1.4.3.1 Análisis químico	4
1.4.3.2 Análisis petrográfico	4
1.5 TRABAJOS PREVIOS	4
<b>2. GEOGRAFÍA FÍSICA</b>	<b>7</b>
2.1 ISLA DE MARGARITA	7
2.1.1 Topografía y Relieve	7
2.1.2 Clima	8
2.1.3 Drenaje	8
2.1.4 Vegetación y Fauna	8
2.1.5 Suelos	9
2.1.6 Erosión	9
<b>3. GEOLOGÍA REGIONAL</b>	<b>10</b>
3.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	10
3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	29
3.2.1 Evolución geodinámica de la Región Caribe	29
3.3 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA ISLA DE MARGARITA	39
3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	44
3.4.1 Fallamiento	44
3.4.2 Plegamiento	46
<b>4. GEOLOGIA LOCAL</b>	<b>47</b>
4.1.1 Complejo Metafiolítico Paraguachí (Serpentinita)	47
4.1.2 Asociación Metamórfica Juan Griego	51
4.1.3 Metatrondhjemita de Matasiete	53
4.1.4 Formación Falca	60
4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	60
4.2.1 Foliación	60
4.2.2 Plegamiento	61
4.2.3 Fallamiento	62
4.2.4 Diaclasas	63
4.2.5 Deformación cataclástica	64

4.2.6. Evolución de la deformación	69
<b>5. PETROGRAFÍA Y METAMORFISMO</b>	<b>71</b>
5.1 PETROGRAFÍA	71
5.1.1 Serpentinitas Complejo Metaofiolítico Paraguachí	71
5.1.1.1 Descripción mineralógica	71
5.1.2 Asociación Metamórfica Juan Griego	73
5.1.2.1 Descripción mineralógica	73
5.1.2 Metatrondhemita de Matasiete	75
5.1.2.1 Descripción mineralógica	76
5.2 METAMORFISMO	79
5.2.1 FACIES METAMÓRFICAS:	80
<b>6 ANÁLISIS QUÍMICOS</b>	<b>82</b>
6.1 GENERALIDADES	82
6.2. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA	83
6.3. MINERALES NORMATIVOS	92
<b>7. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>
<b>APENDICES</b>	<b>120</b>
<b>A N E X O S</b>	<b>137</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio	2
Figura 2: Modelo “Orógeno en flotación” para la región este de Venezuela	31
Figura 3: Paleogeografía de la región caribe durante el cretácico tardío	34
Figura 4: Paleogeografía de la región caribe durante el Paleoceno tardío	35
Figura 5: Paleogeografía de la región caribe durante el Eoceno medio.	36
Figura 6 : Paleogeografía de la región caribe durante el Eoceno tardío.	37
Figura 7: Paleogeografía de la región caribe durante el Mioceno medio.	38
Figura 8: Evolución Geodinámica de la Placa Caribe	39
Figura 9: Vetas de crisotilo silicificadas en serpentinita.	47
Figura 10: niveles de deslizamiento en la serpentinita.	48
Figura 11: Afloramiento de serpentinita del Complejo Metaofiolítico Paraguachí en Salamanca.	49
Figura 12: Panorámica que muestra el contacto entre el complejo ultramáfico, representado por Harzburgitas y Serpentinitas, y la Metatrandhjemita de Matasiete	50
Figura 13: Afloramiento de esquistos de la Asociación Metamórfica Juan Griego.	51
Figura 14: Micropliegues observados en una muestra de epidocita de la Asociación Metamórfica Juan Griego	52
Figura 15: Budines arenosos en la Asociación Metamórfica Juan Griego. Carretera 31 de julio.	52
Figura 16: esquistos grafitosos de la Asociación Metamórfica Juan Griego (carretera 31 de Julio)	52
Figura 17: Familia de vetas de la Metatrandhjemita de Matasiete.	54
Figura 18: Veta en la Metatrandhjemita de Matasiete.	54
Figura 19: Enclave.	54
Figura 20: Enclave.	55
Figura 21: Enclave.	55
Figura 22: Enclave arenoso cercano al Monumento de Matasiete.	55
Figura 23: Enclave de epidocita en la Metatrandhjemita de Matasiete.	56
Figura 24: Panorámica Afloramiento de Metatrandhjemita de Matasiete en la carretera La Fuente –Guarame	57
Figura 25: Intervalo arcilloso en la Metatrandhjemita	57

Figura 26: Ultramilonita en la Metatrondhjemita de Matasiete.	57
Figura 27: Zona de cizalla en la Metatrondhjemita de Matasiete donde se observa vetas de cuarzo desplazadas y pliegues isoclinales altamente deformados con apariencia de ojos	58
Figura 28: Formación Falca en la población de Sabana de Guacuco.	60
Figura 29: Micropliegues encontrados en la Metatrondhjemita de Matasiete.	61
Figura 30: Micropliegues encontrados en la Asociación Metamórfica Juan Griego. Carretera 31 de Julio.	62
Figura 31: Serpentinita con material custriforme	63
Figura 32: Familia de diaclasas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la carretera La Fuente – Guarame.	64
Figura 33: Terminología para las rocas generadas en zonas de falla.	65
Figura 34: Distribución de diferentes tipos de rocas en zonas de falla, con respecto a la profundidad en la corteza terrestre.	67
Figura 35: Evolución de la deformación donde se observa el cambio textural de las muestras.	70
Figura 36: Microfotografía de Antigorita en MS-30.	72
Figura 37: Microfotografía del aspecto de MS-63.	72
Figura 38: Fotomicrografía de Cuarzo asociado a sombra de presión.(MS-45).	73
Figura 39: Microfotografía de Epidocita (MS-37).	74
Figura 40: Microfotografía de porfidoclasto de plagioclasa (MS-45).	74
Figura 41: Fotomicrografía de plagioclasa fracturada. Muestra MS-09 bajo nicoles cruzados.	76
Figura 42: Fotomicrografía de cristales policristalinos de cuarzo donde se aprecia un cristal de esfena. Muestra MS-18 bajo nicoles cruzados	77
Figura 43: Epidoto en MS-09. Nicoles cruzados.	77
Figura 44: Clorita..	78
Figura 45: Fotomicrografía de Estilpnomelana asociada a cuarzo. Muestra MS-09.	78
Figura 46: Aspecto de enclave en la Metatrondhjemita de Matasiete. MS-04.	79
Figura 47: Diagrama tipo Harker $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ según Irvine & Baragar 1971.	83
Figura 48: Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971).	84
Figura 49: Diagrama $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ propuesto por Maniar & Picoli 1989	85
Figura 50: Diagrama $\text{FeO}t / (\text{FeO}t + \text{MgO}) - \text{SiO}_2$ propuesto por Maniar & Picoli 1989.	86

Figura 51: Diagrama de variación de Rb vs. SiO <sub>2</sub> .	87
Figura 52: Diagrama de Nb vs. SiO <sub>2</sub> .	88
Figura 53: Diagrama de Y vs. SiO <sub>2</sub> .	89
Figura 54: Diagrama de Nb vs. Y.	89
Figura 55: Diagrama de Rb vs. SiO <sub>2</sub> .	90
Figura 56: Diagrama ANK – ACNK propuesto por Maniar & Piccoli 1989	91
Figura 57: % Na <sub>2</sub> O requerido para bizcocho cerámico.	101
Figura 58: % K <sub>2</sub> O requerido para bizcocho cerámico.	101
Figura 59: % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> requerido para bizcocho cerámico.	102
Figura 60: % SiO <sub>2</sub> requerido para bizcocho cerámico.	102
Figura 61: % MgO requerido para bizcocho cerámico.	103
Figura 62: % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> requerido para bizcocho cerámico.	103
Figura 63: % CaO requerido para bizcocho cerámico.	104
Figura 64: % Na <sub>2</sub> O o K <sub>2</sub> O requerido para esmalte sanitario.	105
Figura 65: % MgO requerido para esmalte sanitario.	106
Figura 66: % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> requerido para esmalte sanitario.	106
Figura 67: % SiO <sub>2</sub> requerido para esmalte sanitario.	107
Figura 68: % CaO requerido para esmalte sanitario.	107
Figura 69: Diagrama de clasificación de los feldespatos	123
Figura 70: Distritos de mena feldespática en Venezuela	131
Figura 71: Diagrama de los procesos de fabricación de baldosas cerámicas	133

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico Paraguachí	11
Tabla 2: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica Juan Griego	16
Tabla 3: Recopilación de información geológica de la Metatrondhjemita de Matasiete	20
Tabla 4: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica los Robles	24
Tabla 5: Recopilación de información geológica de la Formación Falca	28
Tabla 6: Tabla resumen de descripción de muestras de las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí	49
Tabla 7: Tabla resumen de descripción de muestras de la Asociación Metamórfica Juan Griego	53
Tabla 8: Tabla resumen de descripción de muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete	59
Tabla 9: Resumen de la mineralogía de las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí	71
Tabla 10: Resumen de la mineralogía de la Asociación Metamórfica Juan Griego.	73
Tabla 11: Resumen de la mineralogía de la Metatrondhjemita de Matasiete	75
Tabla 12: Tabla resumen de texturas de las rocas de la Metatrondhjemita de Matasiete.	75
Tabla 13: Mineralogía de un enclave encontrado en la Metatrondhjemita de Matasiete.	78
Tabla 14: Resultados análisis químicos de un grupo de muestras recolectadas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la región Guarame – Sabana de Guacuco.	82
Tabla 15: Resultados de minerales normativos	93
Tabla 16: Tabla resumen de los análisis químicos para algunas muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco (% wt).	94

Tabla 17: Tabla resumen de los resultados de minerales normativos según la norma CIPW para las muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco.	95
Tabla 18: Tabla de otros resultados obtenidos mediante el cálculo de minerales normativos para algunas muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco.	97
Tabla 19: Contenido de feldespato según LAVERDE <i>et al</i> (2004).	99
Tabla 20: Tabla de porcentaje de óxidos calculados según los análisis petrográficos.	108
Tabla 21: Tabla con los resultados de análisis químicos para las muestras MS-18 y MS-32.	108
Tabla 22: Composición química de los principales Feldespatos en %.	121
Tabla 23: Composición de los Feldespatos.	122
Tabla 24: Características de composición de materias primas feldespáticas.	125
Tabla 25: Calidades y especificaciones para el feldespato grado vidrio.	126
Tabla 26: Calidades y especificaciones para el feldespato “grado cerámico”.	127
Tabla 27: Composición mineral y química típica de los cuerpos cerámicos.	129
Tabla 28: Formulación de esmaltes para sanitarios.	130
Tabla 29: Producción nacional de feldespato (Miles de toneladas métricas).	132
Tabla 30: Producción nacional reportada de feldespato por concesión en los años 1999 y 2000.	132

# *CAPÍTULO I*

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Generalidades**

#### 1.1.1. Objetivos y alcance del trabajo

##### 1.1.1.1 Objetivo General

El objetivo general de este trabajo consiste en la caracterización geológica de la Metatrondhemita de Matasiete para cuantificar la cantidad de feldespato presente en este cuerpo de roca.

##### 1.1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar mineralógicamente la Metatrondhemita de Matasiete en la sección ubicada entre las poblaciones de Guarame y Sabana de Guacuco de acuerdo a los contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$ .
- Cuantificar el porcentaje de feldespato presente en las muestras recolectadas.
- Ubicar las zonas con el mayor contenido de mineral feldespático y ubicarlas en un mapa de distribución mineralógica.
- Determinar las condiciones de la roca como posible yacimiento de feldespato para la industria de la cerámica.

## 1.2 Área estudiada

Se encuentra al noreste de Venezuela en el estado Nueva Esparta, en el extremo oriental de la isla de Margarita, al este de la población de La Asunción entre las latitudes 11°00' y 11°10' y las longitudes 63°55' y 63°50' en la ladera occidental del cerro Matasiete. Comprende un área aproximada de 9,5 Km<sup>2</sup> y corresponde políticamente a los municipios Antolín del Campo y Arismendi del estado Nueva Esparta. (Fig. 1).

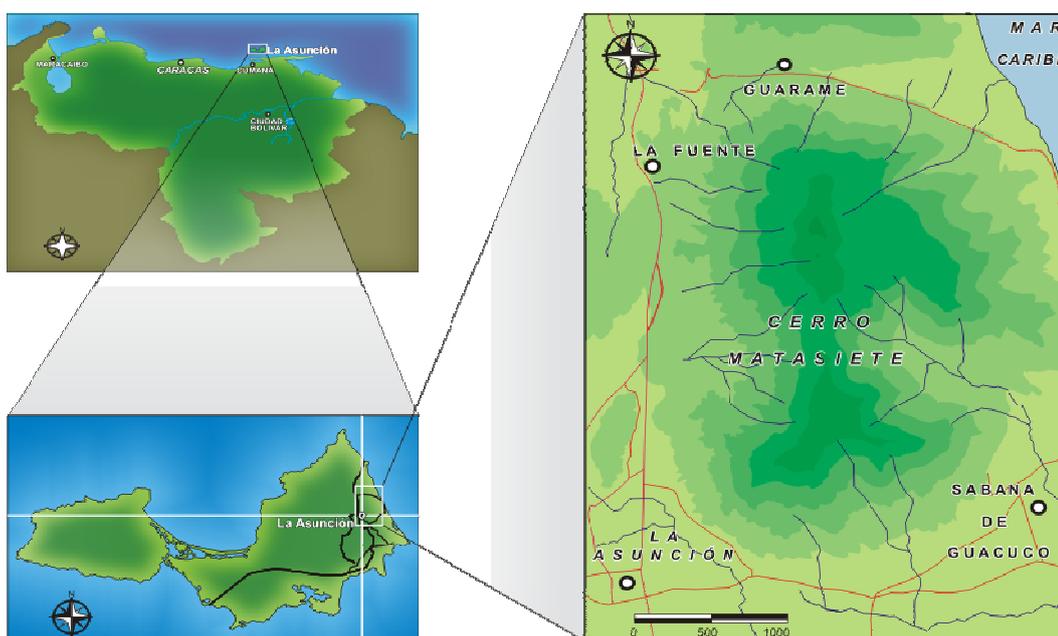


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

## 1.3 Vías de acceso

El acceso al área de estudio se puede realizar por dos vías principales, la avenida Luisa Cáceres de Arismendi la cual une las poblaciones de Porlamar y Pampatar con La Asunción, cabe destacar que esta avenida no esta terminada y a la altura de Atamo Norte comienza el tramo sin pavimentar el cual conecta dicha avenida con la avenida 31 de Julio

La otra vía de acceso es la avenida 31 de Julio, la cual comunica La Asunción con Porlamar por las poblaciones de Los Robles y Guatamare.

## **1.4 Metodología**

### 1.4.1 Fase de pre-campo

Búsqueda, revisión y recolección de información general sobre trabajos previos realizados en el área de estudio, tales como recolección del marco estructural, marco estratigráfico.

Esta actividad también incluye la revisión de los mapas topográficos a escala 1:25000 de Cartografía Nacional, de La Asunción con el objeto de familiarizarse con la región y reconocer las vías de acceso a las posibles zonas de levantamiento. A escala local se revisaron las hojas cartográficas G-16, G-17, F-16, F-17, E-16, E-17 a escala 1:5000 del Ministerio del Ambiente, pertenecientes al año 1987.

### 1.4.2 Fase de campo

El trabajo de campo se realizó durante los meses de abril y mayo del año 2005, recolectándose un total de 63 muestras.

Dicho trabajo consistió en un estudio geológico detallado en afloramientos, cortes de carreteras y quebradas para la recolección de los datos geológicos correspondientes a rocas ígneas y meta-ígneas, tales como la variación de la roca, de acuerdo a su composición y textura, tipos de contactos, tipos de estructuras planas o lineales, redes de diques, vetas o fracturas paralelas, así como también la distribución de las rocas alteradas y la toma de las muestras para su posterior análisis.

Es preciso indicar que los afloramientos no eran de gran tamaño y algunas zonas del cerro Matasiete no mostraban afloramientos por estar cubiertos de sedimentos recientes.

### 1.4.3 Fase de Laboratorio

#### 1.4.3.1 Análisis químico

Se seleccionaron 31 muestras las cuales fueron enviadas a los laboratorios de Cerámicas Caribe para realizar análisis químicos por medio del método de espectrometría de fluorescencia de rayos X, con un equipo Oxford MDX 1000 donde se les determinó la concentración de 8 elementos mayoritarios en forma de óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$ ).

La interpretación se realizó mediante teorías de diagramas de discriminación geoquímicos y de clasificación propuestos por varios autores, mediante el cálculo de minerales normativos según la norma CIPW (Cross, Idding, Pirsson, Washington) Según DENAEYER *et al*, (1951) además de la comparación de los resultados obtenidos con los requeridos por la industria cerámica.

#### 1.4.3.2 Análisis petrográfico

Se describieron 14 muestras mediante secciones finas, el análisis se basó en la descripción de texturas, matriz, fábrica, granularidad, porcentajes de minerales principales y accesorios, grado de alteración y deformación.

El criterio para la selección de las muestras se basó en la diferencia de las características de las muestras tales como color, tamaño de grano, textura.

## 1.5 Trabajos previos

HESS & MAXWELL (1949) denominaron pórfido de granito sódico de Matasiete a rocas ígneas ácidas encontradas en el Cerro Matasiete en la parte oriental de la isla de Margarita DELFINO (1950).

Este nombre también es empleado por TAYLOR (1960) y lo define como un complejo intrusivo de pórfido de granito sódico y serpentinita, donde el granito sódico corta la serpentinita. Esta intrusión esta en contacto de falla hacia el oeste

con esquistos del Grupo Los Robles. En estos esquistos o en los mármoles no se observa metamorfismo de contacto, aunque las relaciones son desconocidas a causa de la falla interyacente.

JAM & MENDEZ AROCHA (1962) utilizan el término de ortogneis de Matasiete y GONZÁLEZ DE JUANA (1968) lo menciona como Pórfido de Granito Sódico de Matasiete. MARESCH (1973) designa al Pórfido de Granito Sódico de Matasiete de HESS Y MAXWELL (1949) como Trondhjemitita de Matasiete.

VIGNALI (1979) indica una composición de plagioclasa (oligoclasa y albita 60-70%), cuarzo ( $\pm 25\%$ ), muscovita ( $\pm 7$ ), epidoto ( $\pm 7$ ) y clorita ( $\pm 5$ ). Se sugiere que estas rocas se han formado a partir de un neomagma anatético producto de la fusión diferencial de sedimentos probablemente grauwáquicos, que caracterizan la parte inferior del Grupo Juan Griego

GUILLET (1981) estudió la composición del granito, encontrando oligoclasa en grandes cristales alterados a dumortierita, albita en pequeños cristales en la matriz color verde alterada a zoicita – clorita y como minerales accesorios moscovita y circón.

ROJAS (1985) la define como meta Trondhjemitita por todos los rasgos micro y macro estructurales que presenta y el contacto entre el cuerpo peridotítico y las metatrandhjemitas es cataclástico, donde la presencia de texturas cataclásticas y su distribución dentro de las zonas de contacto indican que el emplazamiento del cuerpo peridotítico ha sido de naturaleza tectónica.

Por su parte BELLIZZIA (1985) considera que la Trondhjemitita de Matasiete es un plagiogranito oceánico originado junto con el complejo ofiolítico en una prominencia oceánica por diferenciación de basaltos subalcalinos.

CHACHATI & MACSOTAY (1985) lo denominan Plagiogranito de Matasiete, el cual procede de un batolito originado dentro del margen meridional de la placa Caribe durante la fase tardía del metamorfismo, constituyendo la suela de un kipple de peridotita serpentizada, corrida sobre volcano-sedimentarias

metamorfizadas del cretáceo medio. Se formaron a partir de magmas diferenciados de los basaltos subalcalinos asociados a los arcos insulares dentro de la placa Caribe.

Por otro lado, NAVARRO (1987) considera que las rocas de la Trondhjemita de Matasiete se formaron en una dorsal creada por expansión de piso oceánico sobre una zona de subducción, de acuerdo al comportamiento observado por ciertos elementos traza donde se determinó la concentración de Rb, Y y Nb y se utilizaron los diagramas de discriminación en el espacio Rb-Nb-Y propuestos por PEARCE *et al* (1984).

OSTOS (1990) señala que el comportamiento de los elementos mayoritarios en las máficas asociadas a las trondhjemitas, parece definir una unidad propia de piso oceánico y constituyen lo que posiblemente corresponde a un complejo ofiolítico desmembrado.

NAVARRO & OSTOS (1997) señalan la incompatibilidad entre los patrones de tierras raras con las rocas máficas asociadas, lo que hace presumir la influencia de corteza continental, por lo que su afinidad tectónica estaría asociada a una dorsal oceánica anormal inducida por subducción con un magmatismo del tipo supra-zona de subducción.

## ***CAPÍTULO II***

### **2. GEOGRAFÍA FÍSICA**

#### **2.1 Isla De Margarita**

La Isla de Margarita se encuentra ubicada al Norte de Venezuela, a 38 Km. de la costa norte oriental, presenta una superficie de 1.071 Km<sup>2</sup>. Sus límites son:

Límite norte: 11°11'06'' (Punta de Mangle)

Límite sur: 10°51'50'' (Cabo Negro)

Límite este: 63°46'40'' (Punta Ballena)

Límite oeste: 64°24'32'' (Punta Arenas)

##### **2.1.1 Topografía y Relieve**

El relieve está conformado, en su mayoría, por dos grandes bloques dispuestos en sentido general este oeste, unidos por un estrecho istmo de muy poca elevación denominado istmo de La Restinga. El sector occidental, llamado península de Macanao, se caracteriza por presentar un macizo alargado en sentido este - oeste desde el cerro Macanao hasta el cerro Guarataro; mientras que el sector oriental presenta en la parte centro - norte tres macizos montañosos alineados en sentido sureste - noreste; tiene como rasgos topográficos resaltantes los cerros Copey, La Guardia, Matasiete y Guayamurí. El sur del macizo oriental presenta una topografía de bajo relieve con excepción de las elevaciones moderadas ubicadas al norte de Punta Carnero y en las Tetas de María Guevara, al noreste de Punta de Piedras.

### 2.1.2 Clima

El clima imperante es el semiárido. Con temperatura media anual alrededor de 27° C, en Macanao las temperaturas pueden alcanzar los 30° C en las épocas más secas de los meses de marzo a junio, presenta un promedio de precipitación anual de 510 mm, el periodo lluvioso principal es noviembre-enero y el periodo seco de febrero a mayo, con un periodo secundario entre septiembre-octubre.

Los vientos tienen una dirección prevaleciente este-noreste y alcanzan valores medios de 61 Km/h.

### 2.1.3 Drenaje

El drenaje es principalmente dendrítico, originándose desde las serranías montañosas desplazándose por las laderas hasta desembocar en el Mar Caribe.

Los principales ríos son: Chaguaramal, El Muco, El Valle, La Asunción, La Vieja, Negro, San Francisco, San Juan y Tacarigua. También se encuentran lagunas como la Restinga, Las Marites, Los Mártires y otras de menos tamaño como laguna de Gasparico y Laguna Blanca.

Los ríos presentan un régimen de escurrimiento irregular, presentándose secos la mayor parte del año y torrenciales por cortos periodos. Las pocas lluvias hacen que los recursos de acuíferos superficiales y subterráneos sean escasos, porque a pesar de existir condiciones geológicas propicias para su almacenamiento, la recarga no es significativa.

### 2.1.4 Vegetación y Fauna

El clima semiárido del estado Nueva Esparta, es una de las razones fundamentales para la evolución de dos tipos principales de vegetación. Por un lado y en menor cantidad se encuentran zonas abundantes de vegetación tropical a las faldas de los principales cerros de la isla, y por otro una vegetación xerófila semidesértica que

prevalece hacia los lados de la península de Macanao en donde los vientos y el escaso nivel pluviométrico hacen de esta zona un lugar semidesértico, rodeado de la vegetación xerófila típica de estas zonas. Hacia el sector noreste de la isla se encuentran zonas de vegetación tropical abundante e incluso algunas de estas están dedicadas al cultivo. Entre los tipos de vegetación que se encuentran en la isla están el mangle o manglar que se ubica en zonas de flujo y reflujos de la marea con sus raíces bajo el agua gran parte del tiempo como por ejemplo en las lagunas costeras, el bosque denso ubicado por sobre los 400 a 600 metros de altura, indudablemente en las faldas de los cerros y pequeños montes de la isla, matorrales generados por agrupaciones de vegetación xerófila y espinales o formación vegetal arbustiva con predominancia de espinales, cardones y cactus.

La fauna silvestre esta representada 34 especies de mamíferos como el cunaguaro (*Felis Pardalis*) y el mapurite (*Conepatus semistriatus*). Entre las especies herbívoras se encuentra el venado caramerudo (*Odocoileus virginianus margaritae*) y ratón silvestre. Entre las aves se mencionan más de 11 órdenes y 158 especies.

#### 2.1.5 Suelos

En los planos costaneros de vegetación xerófila los suelos son arenosos con poca materia orgánica y retienen muy poco el agua de lluvia. En las montañas, las cuales tienen una inclinación superior a los 40°, los suelos no son aptos para el cultivo, están clasificados como eólicos, pobres en materia orgánica y arena en el primer horizonte. La superficie es de color marrón rojizo y en el subsuelo es rojizo intenso y muy compacto. (CARIILLO & VIVAS 1986)

#### 2.1.6 Erosión

La erosión predominante es la laminar. La deflación eólica modifica las vertientes de colinas y montañas sobre el sustrato metamórfico, favorecida con las condiciones climáticas y topográficas, además de la delgadez de los suelos y la resistencia del sustrato geológico a la formación de cárcavas. (CARIILLO & VIVAS 1986).

## ***CAPÍTULO III***

### **3. GEOLOGÍA REGIONAL**

#### **3.1 Estratigrafía Regional**

La región oriental de la isla de Margarita descansa sobre un complejo ígneo metamórfico denominado Asociación Metamórfica Juan Griego, el cual limita con la Asociación Metamórfica Los Robles y esta cubierto discordantemente por rocas sedimentarias no metamorfizadas.

En este trabajo se usará la nomenclatura propuesta por REKOWSKI & RIVAS (2005) ya que están adaptadas a las normas actuales de nomenclatura de unidades litodémicas.

A continuación se muestran las tablas con el resumen de la recopilación de la información geológica de las asociaciones, ígneas-metamórficas y sedimentarias, presentes en la zona de estudio.

**Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico de Paraguachí**

AUTOR AÑO	DESCRIPCIÓN	
<b>HESS &amp; MAXWELL (1949)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Parte norte de la isla en el área limitada por Otrabanda, Altagracia y Manzanillo.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Principalmente esquistos verdes y anfibolitas con cuerpos gnéisicos paralelos a la foliación.
	<b>FACIES METAMÓRFICAS</b>	Facies de albita – epidoto – anfibolita, y una menor proporción a la facies de anfibolitas de alto grado.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Fue descrito bajo la denominación de <i>División De Rocas Verdes</i>
<b>TAYLOR (1960)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Faja que se extiende de sur a norte desde La Asunción hasta el extremo septentrional de la isla.
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miembro metavolcánico Manzanillo</li> <li>• Esquistos albíticos – cuarzo – epidóticos – moscovíticos y gneises de ojos.</li> </ul>
	<b>ESPESOR</b>	Se estima en más de 1500 m.
	<b>PROTOLITO</b>	Se cree que las anfibolitas representan una sucesión de piroclásticos y sedimentos volcánicos metamorizados, esto se apoya por la presencia de pequeños granos de cuarzo redondeados que aparecen dentro de las anfibolitas y que posiblemente representan contaminación normal de sedimentos volcánicos.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Le asigna el nombre de <i>Anfibolitas de Paraguachí</i> .
<b>GONZALEZ DE JUANA (1968)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Parte nororiental de Margarita, al norte de El Portachuelo, hasta la playa de Pedro González por el noroeste y la región de Manzanillo por el noreste.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto hornbléndico, esquisto glaucofánico intercalados con gneis de grano fino.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Sugiere el nombre de <i>Grupo de los Esquistos Verdes</i> para estas rocas.
<b>MARESCH (1971)</b>	<b>PETROGÉNESIS</b>	Acumulación metamorizada de rocas volcánicas de composición basáltica posiblemente relacionadas con una zona de sutura de borde de placa.
	<b><i>GNEISES ANFIBÓLICOS</i></b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	A 250 m. al oeste de La Rinconada en lecho fluvial seco.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Gneis anfibólico interestratificado con mica esquisto carbonáceo y gneis tonalítico.

**Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico de Paraguachí**

AUTOR AÑO	DESCRIPCIÓN	
MARESCH (1971)	<i>ECLOGITA PARAGONÍTICA Y ANFIBOLITAS</i>	
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eclogitas paragonítico – anfibólicas.</li> <li>• Anfibolitas y anfibolitas granatíferas</li> </ul>
	<i>MICA ESQUISTO CARBONÁCEO MENOR</i>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Generalmente afloran en forma dispersa a través de los gneises anfibólicos del Grupo La Rinconada, como estratos concordantes de 10 a 20 m.
NAVARRO (1988)	<b>LOCALIDAD</b>	Carretera que va desde Manzanillo hacia Guayacán, a lo largo de la carretera de Puerto Fermín – Manzanillo, en los acantilados costeros al suroeste de Guayacán, en Punta Zaragoza y en la carretera Santa Ana – Pedro González.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Incluye, además de lo descrito por los autores previos, gneis trondhjemítico que se intercalan concordantemente (en foliación) con gneis anfibólico, anfibolita y eclogita.
	<b>CORRELACIÓN</b>	Desde el punto de vista estrictamente litológico, se puede relacionar estas rocas con las presentes napas polimetamórficas ubicadas en la costa del macizo central de la cordillera del norte de Venezuela.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Propone el nombre de <i>Complejo de Paraguachí</i> .
CHEVALIER (1987)	<b>LOCALIDAD</b>	Península de Macanao, Araya
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuencia ultrabásica: constituida de dunita y clinopiroxenita.</li> <li>• Secuencia básica: comprendida por metagabros unidos con anfibolita, anfibolita granatífera y eclogita.</li> </ul>
	<b>EDAD</b>	Jurásico medio – tardío

**Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico de Paraguachí**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>EDAD</b>	Jurásico – cretácico
	<b>OBSERVACIONES</b>	Litósfera oceánica obducida sobre el paleomargen suramericano
	<b><i>METAULTRAMÁFICAS DE CERRO EL COPEY</i></b>	
	1. ZONA DE CIZALLAMIENTO DE MANZANILLO	
	<b>LOCALIDAD</b>	Franja en dirección noreste a partir de punta el Indio hasta punta Cañonero
	<b>LITOLOGÍA</b>	Zona de falla de 50 – 250 m, con rocas muy brechadas y cizalladas, aparentemente lubricadas por serpentinita - antigorita.
	2. HARZBURGITA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Tope de los Cerros Matasiete y Guayamurí.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Cuerpo tabular peridotítico que descansa sobre el sustrato de la serpentinita
	<b>CONTACTOS</b>	El contacto con al unidad de Serpentinitas es gradual y los contornos de transición guardan una relación de forma concordante con los contornos topográficos del cuerpo.
	3. SERPENTINITA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cuerpo de gran magnitud en los flancos orientales de los cerros Matasiete y Guayamurí, al este del poblado de La Fuente y al oeste de punta Cardón.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Serpentinita masiva principalmente en las cota bajas, de color verde oliva a gris verdoso. Dos tipos de Serpentinita foliada, una producida por cizallamiento dentro del propio cuerpo de serpentinita y otra asociada al contacto con la Metatrandhjemita.
	<b><i>METAMÁFICAS DE LA RINCONADA</i></b>	
	1. ECLOGITA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Al sur de punta María Libre, afloran como cuerpos aislados, irregulares y discontinuos.

**Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico de Paraguachí**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Eclogita de color verde, constituidas esencialmente por piroxeno, anfíbol, granate, con cantidades menores de plagioclasa, cuarzo, rutilo, esfena y óxidos de hierro.
	<b>CONTACTO</b>	Se encuentra en contacto discordante con la unidad inferior de la Asociación Metamórfica Juan Griego.
	2. ESQUISTO ANFIBÓLICO	
	<b>LOCALIDAD</b>	Península de Macanao.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto anfibólico que aflora en bandas, a veces intercaladas con serpentinitas.
	3. ANFIBOLITA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Península de Macanao.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Roca maciza y bastante fracturada de color verde claro a oscuro.
	4. METAGABRO	
	<b>LOCALIDAD</b>	Península de Macanao.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Rocas macizas densas y de textura variada, de color gris azulado.
	5. UNIDAD III	
	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora limitada por Altagracia, Tacarigua, La Fuente, Pozo de Agua y cerro El Cabo. En la región noroccidental limita con la costa, se encuentra principalmente al suroeste y noroeste de cerro chico.
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gneis granatífero – paragonítico y/o moscovítico, epidótico – albítico – anfibólico.</li> <li>• Gneis anfibólico con onfacita</li> <li>• Eclogita paragonítica – anfibólica</li> <li>• Gneis clinozoicítico – anfibólico irregularmente bandeado.</li> </ul>
	<b>CONTACTOS</b>	Abrupto y aparentemente concordante con la Unidad I y con la Unidad II, así como con las rocas Metaultramáficas de cerro El Copey, la unidad grafitosa de la Asociación Metamórfica Juan Griego y con el gneis de Guayacán, con las cuales el contacto es tectónico.
	6. UNIDAD II	
<b>LOCALIDAD</b>	En forma dispersa al sureste de punta El Agua, al este de cerro Chico.	

**Tabla 1: Recopilación de información geológica del Complejo Metaofiolítico de Paraguachí**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto cuarzo – moscovítico – carbonático <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquisto albítico – clorítico – cuarzo – carbonático</li> <li>• Esquisto biotítico – muscovítico – cuarzoso</li> <li>• Esquisto biotítico – epidótico – cuarzo – carbonático</li> <li>• Esquisto micáceo</li> <li>• Cuarcita micacea</li> </ul>
	<b>CONTACTOS</b>	Con la unidad I es de tipo concordante y transicional, a su vez se observa en contacto con la unidad II, con las rocas Metaultramáficas de Cerro el Copey y el gneis de guayacán, el contacto es de tipo tectónico.
	7. UNIDAD I	
	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora en forma dispersa en la zona limitada al norte por cerro Chico y al sur por La Asunción. También en cuerpos ubicados al suroeste de punta el Agua, en punta El cabo y al este de cerro Chico.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Gneis granatífero – epidótico – albítico – anfibólico
	<b><i>METAVOLCÁNICAS DE MANZANILLO</i></b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Costa noreste de Manzanillo, en dos zonas aisladas, en las inmediaciones de punta Varadero y más hacia el norte, al sur de punta El Cabo.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto verde pálido de grano fino, finamente laminado, calcáreo con clorita, albita, epidoto, zoisita y escasos cristales de granate. Meta – ftanita negra.
<b>CONTACTOS</b>	Se observa cubierta de manera discordante por la Formación falca.	

**Tabla 2: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica Juan Griego**

AUTOR AÑO	DESCRIPCIÓN	
HESS Y MAXWELL (1949)	LOCALIDAD	Partes norte y oeste de la isla y al norte y noreste de Juan Griego
	LITOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•DIVISIÓN CUARZOSA</li> <li>•DIVISION DE ROCAS VERDES</li> </ul>
	PROTOLITO	Rocas volcánicas.
TAYLOR (1960)	EDAD	Se le ha asignado una edad cretácea inferior.
	CONTACTOS	Está limitado por el sur y el sureste por la Asociación Metamórfica Los Robles, constituyendo la falla de la Fuente la línea de contacto. Se encuentra cubierto localmente por la Formación Falca.
	PETROGÉNESIS	Se cree que representan una sucesión de piroclásticos y sedimentos volcánicos metamorfizados, esto lo evidencia la presencia de pequeños granos de cuarzo redondeados que aparecen dentro de las anfibolitas y que posiblemente representan contaminación normal de sedimentos volcánicos.
	OBSERVACIONES	<p>Los <i>esquistos cloríticos</i> se extienden concordantemente sobre las Anfibolitas de Paraguachí. El contacto entre ambas unidades aparentemente es concordante. El contacto superior con la unidad feldespática es gradual.</p> <p>La mayor parte de las rocas de la <i>unidad feldespática</i> está profundamente meteorizada con excepción del mármol.</p>
	<b><i>ANFIBOLITA DE PARAGUACHÍ</i></b>	
	LOCALIDAD	Faja que se extiende de sur a norte desde La Asunción hasta el extremo septentrional de la isla
	LITOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Esquisto albítico – hornabléndico – clinozoisítico</li> <li>•Anfibolita hornabléndica – granatífera</li> <li>•Gneis hornabléndico – clinozoisítico</li> <li>•Gneis hornabléndico – cuarzo – albítico – moscovítico</li> <li>•Esquisto albítico – epidótico – clorítico – moscovítico</li> </ul>
	<b><i>DIVISIÓN CUARZOSA</i></b>	
LOCALIDAD	Pueblo El Chorro, en un riachuelo que atraviesa dicho pueblo	

**Tabla 2: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica Juan Griego**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>TAYLOR (1960)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	1. ESQUISTOS CLORÍTICOS: Esquistos localmente graníticos azul grisáceos de granate, cuarzo, clorita, moscovita 2. UNIDAD FELDESPÁTICA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gneis cuarzo – albítico – moscovítico con cantidades de granate, carbonatos, clorita, zoisita y pirita.</li> <li>• Gneis albítico – moscovítico – cuarzo – biotítico.</li> <li>• Gneis albítico – cuarzo – biotítico – clinozoisítico.</li> <li>• Esquisto cuarzo – moscovítico – conglomerático.</li> <li>• Mármol calcítico</li> </ul> 3. UNIDAD DE ESQUISTO GRAFÍTICO: intercalaciones de esquistos micáceos y esquistos grafitosos.
<b>JAM Y MENDEZ (1962)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	1. GRUPO DE LOS ESQUISTOS VERDES 2. GRUPO JUAN GRIEGO
	<b>OBSERVACIONES</b>	Consideran que el grupo yace sobre rocas volcánicas del Grupo La Rinconada
<b>GONZALEZ DE JUANA (1968)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	En Margarita oriental, aflora dentro de una extensión delimitada al este por una línea desde el valle de La Asunción, al oeste y suroeste de la carretera de La Asunción – Santa Ana – la playa de Pedro González – y al norte de la carretera de Porlamar – El Espinal – La Guardia
	<b>LITOLOGÍA</b>	1. UNIDAD FELDESPÁTICA: Cuarzitas feldespáticas, gneises y esquistos cuarzo-feldespático-micáceos 2. UNIDAD NO FELDESPÁTICA <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquistos cuarzo – micáceos.</li> <li>• Esquistos cuarzo – micáceo – granatíferos con o sin grafito.</li> <li>• Cuarzitas delgadas intercaladas con mármoles.</li> </ul>
	<b>OBSERVACIONES</b>	Restringe el nombre de Grupo Juan Griego a la división cuarzosa de Hess & Maxwell.
<b>MARESCH (1971)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	1. UNIDAD CLORÍTICA 2. UNIDAD FELDESPÁTICA 3. UNIDAD GRAFÍTICA
	<b>CONTACTO</b>	Transicional con el Grupo La Rinconada
	<b>CORRELACIÓN</b>	Grupo Caracas

**Tabla 2: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica Juan Griego**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>VIGNALI (1979)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	1. UNIDAD FELDESPÁTICA Cuarzitas y esquistos gneisoideos feldespáticos, gneis y trondhjemitas. 2. UNIDAD NO FELDESPÁTICA •Secuencia inferior: esquistos cuarzo – micáceos – grafitosos. • Secuencia intermedia: esquistos – micáceos – granatíferos. •Secuencia superior: Cuarzitas carbonáceas y calizas masivas.
	<b>EDAD</b>	Se infiere una edad anterior al Cenomaniense debido a que ésta es la edad probable del grupo Los Robles suprayacente
	<b>OBSERVACIONES</b>	Se encontraron radiolarios en los mármoles superiores del grupo, probablemente son indicativos de una facies sedimentaria de aguas profundas
<b>CHEVALIER (1987)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	1. UNIDAD CUARZO FELDESPÁTICA: •Secuencia basal: Anfibolitas asociadas, depósitos detríticos, derivadas posiblemente de lavas básicas y tobas. •Secuencia superior: Esquistos micáceos – carbonáticos que marcan un episodio transgresivo. 2. UNIDAD MICA ESQUISTOSA CARBONATADA Mármoles en capas decimétricas y lentes centimétricos. 3. UNIDAD GRAFITOSA Esquistos grafiticos con intercalaciones de esquistos micáceos y de cuarzitas en la base. 4. FORMACIÓN EL PIACHE Mármoles masivos.
	<b>EDAD</b>	Por correlaciones regionales, la unidad se asigna al Cretáceo temprano, Barremiense – Aptiense.
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	En el metaconglomerado presente en el tope de la secuencia cuarzo – feldespática señala que los fragmentos líticos están compuestos de esencialmente de metagrauvaca y que no presenta elementos graníticos.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Ambiente de plataforma del paleomargen continental de Sudamérica.
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>PROTOLITO</b>	Ígneo (corteza continental) – sedimentario (sedimentos pelíticos y carbonáticos)
	<b>METAMORFISMO</b>	Variable, Facies de la anfibolita epidótica a facies de los esquistos verdes.
	<b>EDAD</b>	Pensilvaniense - Cretácico ?

**Tabla 2: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica Juan Griego**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	Serie de paleomargen (corteza continental del Jurásico con elementos de basamento Paleozoico) Proponen el nombre de Asociación Metamórfica Juan Griego.
	<b><i>UNIDAD INFERIOR</i></b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Sureste de Margarita oriental, al noroeste de Porlamar.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Unidad de cuarcitas y esquistos cuarzo – micáceos granatíferos con o sin grafito.
	<b>CONTACTOS</b>	Se encuentra en contacto abrupto con el Metagranito de San Juan Bautista, el Complejo Metafiolítico de Paraguachí, con diques de basalto, diabasa y gabro. Con la unidad media su contacto es transicional.
	<b><i>UNIDAD SUPERIOR – MÁRMOL DE EL PIACHE</i></b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Al sureste de Margarita oriental, al noreste de El Piache y al sur de Juan Griego.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Mármol gris verdoso, por encima se encuentra una secuencia mármol silíceo – clorítico – esquistoso, el cual va pasando gradualmente a una filita cuarzo clorítica – carbonática y en forma intercalada, se encuentra una secuencia de filitas cuarzo – clorítica, con filitas cuarzo – sericítica – grafitosa.
	<b>CONTACTOS</b>	Se encuentra en contacto concordante con la unidad media de la Asociación Metamórfica Juan Griego y es discordante con la unidad inferior de la misma asociación. Igualmente se encuentra en contacto abrupto de falla con las Metaultramáficas de Cerro el Copey y con la unidad meta – volcanosedimentaria de la Asociación Metamórfica Los Robles

**Tabla 3: Recopilación de información geológica de la Metatrondhjemita de Matasiete**

<b>AUTORES (AÑO)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>HESS Y MAXWELL (1949)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Consiste principalmente de cristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa en una matriz cataclástica de cuarzo (textura de mosaico).
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Esta roca consiste principalmente en cristales de plagioclasa euhedrales a subhedrales, en una matriz de cuarzo cataclástico. Indican que muchos de los cristales de plagioclasa están cizallados y fracturados, exhiben maclado polisintético de albita sumamente fina, lo que sugiere una composición original próxima a la oligoclasa sódica. Los núcleos muestran una zonación rítmica y están bastante sericitados.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Asigna a estas rocas el nombre de Pórfiro de Granito Sódico de Matasiete
<b>TAYLOR (1960)</b>	<b>CONTACTO</b>	El contacto con la serpentinita esta expuesto pocas veces, pero parece como si el granito intrusionara la serpentinita y esta en contacto de falla hacia el oeste con esquistos del grupo Los Robles.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Mantiene el nombre de Pórfiro de Granito Sódico de Matasiete
<b>GONZALEZ DE JUANA (1968)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora en el flanco occidental de los cerros Matasiete y Guayamurí, hacia el norte en los cabos El Tirano, Cabo Blanco, Punta Montadero. Y en unos cerritos aislados de Agua de Vaca y La Sabana. Se conoce otro afloramiento hacia el oeste de la faja de Matasiete, en el valle de El Salado – Paraguachí
	<b>LITOLOGÍA</b>	Roca bandeada de color blanquecino con manchas verdosas y grano medio a grueso, en la parte inferior de la secuencia existe un bandeamiento más delgado y de grano mucho más fino, a veces verdadera esquistocidad. En la parte superior la roca es realmente granuda.
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Esta roca está compuesta, de modo uniforme, por plagioclasas en una matriz de cuarzo cataclástico, los minerales ferromagnesianos primarios están alterados a epidoto, actinolita y clorita.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Compuesta, de modo muy uniforme, por plagioclasas en una matriz de cuarzo cataclástico, los minerales ferromagnesianos primarios están alterados a epidoto, actinolita y clorita.
<b>JAM Y MENDEZ AROCHA (1962)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	Denominaron a esta unidad como Ortogneis de Matasiete
<b>MARESCH (1971)</b>	<b>EDAD</b>	Si es un plagiogranito originado en una dorsal meso-oceánica, su edad debe ser la del conjunto ofiolítico del que forma parte, el cual ha sido asignado al jurásico
	<b>PETROGÉNESIS</b>	Emplazamiento pasivo sinorogénico para las rocas ígneas ácidas asociadas al Complejo meta-ofiolítico, sin descartar la posibilidad de que parte de las mismas sean sedimentos metamorfozados

**Tabla 3: Recopilación de información geológica de la Metatrondhjemita de Matasiete**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>MARESCH (1971)</b>	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	En sección fina la roca consiste en aproximadamente 70% de plagioclasa maclada, 25 % de cuarzo y menos de 5 % de epidoto, mica blanca, anfíbol azul – verde y clorita. Los cristales subhedrales de plagioclasa frecuentemente están triturados y rotos, con desarrollo de mica blanca y epidoto amarillento a lo largo de las grietas.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Le asigna el nombre de Trondhjemitita de Matasiete.
<b>VIGNALI (1979)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Masa de color blanquecino que grada, de roca con texturas plutónicas en su zona central, hasta gneis hacia los bordes.
	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora principalmente en la falda oeste y sur del cerro Matasiete.
	<b>PETROGÉNESIS</b>	Atribuye la presencia de estas rocas a una fusión parcial de sedimentos del Grupo Juan Griego.
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Texturas plutónicas en la zona central, hasta gneis hacia los bordes en donde se intercalan texturas gnéicas macro – granulares con bandas afánicas de la misma composición mineralógica
<b>GUILLET (1981)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	Estudio la composición del granito, encontrando oligoclasa en grandes cristales, albita en pequeños cristales en la matriz color verde alterada a zoisita- clorita y como minerales accesorios muscovita y circón
<b>CHACHATI &amp; MACSOTAY (1985)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gneis feldespático – cuarzo - clorítico – epidótico</li> <li>• Esquisto cuarzo - feldespático - sericítico - epidótico</li> <li>• Esquisto feldespático - anfibolito – sericítico</li> </ul>
	<b>EDAD</b>	La evidencia petrográfica sugiere que la tectónica sufrida por los plagiogranitos es sin y post metamórfica, con lo que su edad K sup ya sugerida por determinaciones radiométricas $71 \pm 5$ m.a. K/AR se confirma.
	<b>PETROGÉNESIS</b>	Batolito originado en el interior de la placa Caribe dentro de un margen meridional, durante la fase tardía de metamorfismo a partir de magmas diferenciados de los basaltos subalcalinos asociados a los arcos insulares dentro de la placa Caribe
	<b>CONTACTO</b>	Faja de 25 – 30 m de espesor, compuesto por intercalaciones de gneis bandeado con una roca microgranular de color verde oscuro, la cual forma bandas que varían entre 5 – 50 cm de espesor y pueden tener hasta 30 m de elongación observable.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Denomina a este tipo de roca Metagranito (plagiogranito) de Matasiete

**Tabla 3: Recopilación de información geológica de la Metatronhjemita de Matasiete**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>ROJAS GLORIA (1985)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Faja continua que bordea las laderas sureste, sur y oeste de los cerros Matasiete, Guayamurí y Punta Cardón
	<b>LITOLOGÍA</b>	Metatronhjemita que varía de granular a milonítica
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Roca leucocrática de color entre blanco y blanco verde amarillento, según la cantidad de ferromagnesianos. Entre 2 a 5% en las variedades granulares levemente cataclásticas. Esta roca esta compuesta mineralógicamente por una proporción estimada de 65% de plagioclasa sódica (oligoclasa), 30% de cuarzo y 5% de ferromagnesianos (actinolita, epidoto y clorita)
	<b>CONTACTO</b>	Contacto tectónico con la serpentinita
<b>BELLIZZIA (1985)</b>	<b>EDAD</b>	Cretácico tardío $70 \pm 5$ Ma por el método K - Ar
	<b>PETROGÉNESIS</b>	Plagiogranito originado conjuntamente con el complejo ofiolítico en una prominencia oceánica, por diferenciación de basaltos subalcalinos.
<b>CARRILLO &amp; VIVAS (1986)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Rocas de color blanco con bandas verdosas, con textura gnéisica bien marcada, la cual va desapareciendo haciéndose más granítica hacia el contacto con las ultramáficas.
	<b>METAMORFISMO</b>	De bajo grado, facies de los esquistos verdes, tipo barroviano, subfacies cuarzo – albita – moscovita – clorita, zona de la clorita.
	<b>PETROGÉNESIS</b>	Son rocas moderadamente alcalinas de origen oceánico, producto de la diferenciación de basaltos subalcalinos en centros de expansión.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Se observan xenolitos y vetas de epidocita, así como vetas de cuarzo de más o menos 5 cm de espesor en sentido de la foliación.
<b>CHEVALIER (1987)</b>	<b>PROTOLITO</b>	Se considera parte de un antiguo macizo granodiorítico a tonalítico.
	<b>CONTACTO</b>	El contacto basal de la napa Matasiete – Guayamurí esta representado por una alternancia de niveles cloríticos y bandas ultramiloníticas.
	<b>METAMORFISMO</b>	Condiciones P – T severas representadas por anfíboles, tipo hornblenda epidotizadas, y micas blancas.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Separado de la facies grafitosas y carbonáticas de la Asociación Metamórficas Juan Griego por una banda de ultramilonitas.

**Tabla 3: Recopilación de información geológica de la Metatrondhemita de Matasiete**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>NAVARRO (1987)</b>	<b>PETROGÉNESIS</b>	Considera que las rocas de la Metatrondhemita de Matasiete se formaron en una dorsal creada por expansión de piso oceánico sobre una zona de subducción, de acuerdo al comportamiento observado por ciertos elementos traza donde se determino la concentración de Rb, Y y Nb utilizando los diagramas de discriminación propuestos por PEARCE <i>et al</i> (1984)
<b>REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Flancos occidentales de los cerros Matasiete y Guayamurí, en las cercanías de Agua de Vaca y al norte y sur de Puerto Abajo.
	<b>EDAD</b>	114 – 105 Ma (Aptiense Albiense) probables plagiogranitos
	<b>METAMORFISMO</b>	Alta P/T y luego de baja P/T
	<b>PROTOLITO</b>	Ígneo plutónico (magmatismo oceánico)
	<b>CONTACTOS</b>	Cubierta de forma discordante por depósitos fluviales y por la Formación Falca. En contacto tectónico con el Complejo Metaofiolítico Paraguachí, con las rocas de las Asociaciones metamórficas Juan Griego y Los Robles y con la Metagranodiorita de Agua de Vaca
	<b>OBSERVACIONES</b>	Intrusiones plutónicas de afinidad calco alcalina, que afectan al bloque ofiolítico. Mantienen el nombre dado por Rojas (1985) de Metatrondhemita de Matasiete

**Tabla 4: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica los Robles**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>HESS Y MAXWELL (1949)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquistos y filitas sericítico – clorítica</li> <li>• Esquisto – cuarzo – sericítico – clorítico</li> <li>• Metaarenisca micácea</li> <li>• Esquisto grafitico – sericítico</li> <li>• Esquisto – calcítico – sericítico</li> <li>• Mármol</li> </ul>
	<b>CONTACTO</b>	Discordante con la Asociación Metamórfica Juan Griego, se presume contacto de falla.
	<b>CORRELACIÓN</b>	La consideran equivalente en tiempo de la menos parte del Grupo Juan Griego.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Introducen el nombre de Grupo los Robles.
<b>TAYLOR (1960)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Franja curvada al sur, sureste y este de Margarita. la mayor superficie de afloramiento se extiende desde el cerro El Piache por el norte hasta La Asunción y por el este hasta Los Robles.
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquisto cuarzo – sericítico</li> <li>• Esquisto cuarzo – albítico – moscovítico</li> <li>• Esquisto epidótico – cuarzo – clorítico</li> <li>• Cuarcita micácea</li> <li>• Mármol calcítico dolomítico</li> </ul>
	<b>EDAD</b>	Fue probablemente depositado dentro del intervalo de tiempo comprendido entre el Turoniense y el Maestrichtiense inferior.
	<b>ESPESOR</b>	Las mediciones gráficas y de campo concuerdan e indican un espesor mínimo de 2000 m para la parte expuesta del grupo Los Robles.
	<b>CONTACTOS</b>	El contacto inferior no esta expuesto y el contacto superior es una discordancia mayor.
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Las rocas generalmente son de grano fino. Los minerales laminares exhiben una foliación bien desarrollada, el cuarzo, por lo general, muestra una extinción deformada e indica, junto con la textura de los mármoles una fuerte cataclasis posterior a la recristalización.
<b>JAM Y MENDEZ (1962)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Distinguieron cuatro unidades litológicas esquistosas, excluyeron de esta unidad al Mármol de El Piache.

**Tabla 4: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica los Robles**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>GONZALÉZ DE JUANA (1968)</b>	<b>PETROGÉNESIS</b>	Se puede postular un origen sedimentario de grauvacas y areniscas como fuente de sedimentos para los esquistos.
	<b>OBSERVACIONES PETROGRÁFICAS</b>	Los mármoles se caracterizan por calcita, 70% a 90%, cuarzo 85 a 25%, clorita hasta 15% y trazas de muscovita y epidoto.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Está metasomatizado en el contacto con la Metatrondhjemita de Matasiete, cerca de Agua de Vaca, por lo cual es probablemente de edad anterior a la intrusión granítica.
	<b>FORMACIÓN EL PIACHE</b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cerro El Piache, continúa esporádicamente en la falda oeste del cerro Matasiete, entre La Fuente y el Salado. Se presenta también en el Morro de Porlamar y al sureste de Las Tetas de María Guevara.
	<b>LITOLÓGÍA</b>	Intercalación de filitas, esquistos y mármoles
	<b>FORMACIÓN EL CAUCA</b>	
	1. SECUENCIA PELÍTICA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora entre las filas de El Cauca y en la carretera de La Asunción – Pampatar, al suroeste de Atamo Sur.
	<b>LITOLÓGÍA</b>	Filitas cuarzo-sericítico-cloríticas que se van haciendo calcáreas al acercarse al contacto con la Formación el Piache.
	2. SECUENCIA SAMÍTICA	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cerro Colorado al norte de Porlamar y La Asunción y al sur de Los Robles (secuencia de esquistos y cuarcitas) Cerro Las Cabras al este de Los Robles, en Los Dos Cerritos al suroeste de Atamo Sur y en El Hato al noroeste de Agua de Vaca (metaconglomerado)
	<b>LITOLÓGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquisto cuarzo – micáceo – clorítico.</li> <li>• Cuarcitas epidóticas y algunos metaconglomerados cuarzo – albíticos.</li> </ul>

**Tabla 4: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica los Robles**

AUTOR AÑO	DESCRIPCIÓN	
<b>MARESCH (1971)</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquistos granítico-sericíticos con capas delgadas de mármol de color que va de blanco a gris y tonos de rosa y verde.
<b>VIGNALI (1979)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	En Margarita ocupa una estrecha faja en dirección norte sur desde el Cerro El Piache hasta la falda oeste del cerro Matasiete. Hay afloramientos menores en el morro de Porlamar, el cerro Banco Largo, en el valle del Orinoco y el sector meridional de las Tetras de María Guevara.
	<b>CONTACTO</b>	En Margarita el contacto inferior es concordante y transicional con el Grupo Juan Griego. El contacto superior es siempre discordante por debajo de aluviones o sedimentos terciarios jóvenes.
	<b>EDAD</b>	Posiblemente Cenomaniense.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Subdivide la litología en dos formaciones, Formación El Piache y Formación Cauca.
	<b>FORMACIÓN EL PIACHE</b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cerro El Piache.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Calizas intercaladas con filitas cuarzo – cloríticas y filitas cuarzo – sericíticas.
	<b>FORMACIÓN EL CAUCA</b>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cerros localizados entre las poblaciones de Porlamar, Atamo y Los Robles
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SECUENCIA INFERIOR: Filita cuarzo – sericíticas- cloríticas</li> <li>• SECUENCIA SUPERIOR: esquistos cuarzo – micáceos – cloríticos con plagioclasa, epidoto, sericita, cuarcitas micáceas epidóticas y hasta conglomerados cuarcíferos feldespáticos.</li> </ul>
<b>REKOWSKI &amp;RIVAS (2005)</b>	<b>PROTOLITO</b>	Sedimentario.
	<b>METAMORFISMO</b>	Baja P/T. Facies de los esquistos verdes.
	<b>EDAD</b>	Cretácico.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Proponen el nombre de Asociación Metamórfica Los Robles. Cobertura sedimentaria del Complejo Metaofiolítico Paraguachí.

**Tabla 4: Recopilación de información geológica de la Asociación Metamórfica los Robles**

<b>AUTOR AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>REKOWSKI &amp;RIVAS (2005)</b>	<i><b>UNIDAD DE ESQUISTO MICÁCEO Y CUARCITA</b></i>	
	<b>LOCALIDAD</b>	El este de Santa Ana.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto micáceo constituido por cuarzo, clorita, albita, así como de un pequeño porcentaje de anfíbol. Cuarcitas compuestas de cuarzo y en menor proporción de plagioclasa.
	<b>CONTACTOS</b>	Discordante con las metamórficas de La Rinconada y cubierta de forma discordante por depósitos Pleistocenos aluviales o torrenciales.
	<i><b>UNIDAD META – VOLCANOSEDIMENTARIA</b></i>	
	<b>LOCALIDAD</b>	En la región suroriental y nororiental. En el Morro El Palmar al sur de Laguna Blanca, al noreste y en las cercanías de El Pilar, al norte del cerro Guayamurí y al noroeste de Punta Varadero
	<b>LITOLOGÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SECUENCIA INFERIOR FILÍTICA Filita cuarzo – sericítica – clorítica.</li> <li>• SECUENCIA SUPERIOR CUARZOSA Esquistos cuarzo – micáceo – clorítico, cuarcita micácea – epidótica y metaconglomerado cuarcífero feldespático.</li> </ul>
	<i><b>UNIDAD GRAFITOSA</b></i>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Sureste de Las Tetas de María Guevara.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Esquistos grafitosos con numerosas vetas de cuarzo.
	<i><b>UNIDAD CARBONÁTICA</b></i>	
	<b>LOCALIDAD</b>	Cerro Banco Largo, al sureste de Las Hernández.
<b>LITOLOGÍA</b>	Esquisto cuarzo micáceo (sericítico) y mármoles de color gris verdoso claro.	

**Tabla 5: Recopilación de información geológica de la Formación Falca**

AUTOR AÑO	DESCRIPCIÓN	
<b>TAYLOR (1960)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Recubren la mayor parte de la región oriental de Margarita, por debajo de los 700 m de altura.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Arenas tipo manto, de color rojizo y marrón amarillento.
	<b>EDAD</b>	Plioceno superior o posiblemente pleistoceno.
	<b>FÓSILES</b>	<i>Egateria? Sp</i> Pelecípodo muy bien preservado encontrado cerca de Agua de Vaca
	<b>ESPESOR</b>	El espesor mínimo es de 100 metros.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Aunque no estén consolidadas permanecen en posición casi vertical en los cortes.
<b>BERMUDEZ en REKOWSKI &amp; RIVAS (2005)</b>	<b>CORRELACIÓN</b>	Cronoestratigráficamente con la Formación El Manglillo.
	<b>PALEOAMBIENTE</b>	Sedimentario eólico, posiblemente sean antiguas dunas.
<b>GONZÁLEZ DE JUANA (1980)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Punta Falca en la costa oriental de Margarita.
	<b>LITOLOGÍA</b>	Arenas cuarzosas, no consolidadas, de color rojizo y marrón amarillento, muy bien escogidas, de grano fino, angular a subangular. Su composición es de hasta un 98% de cuarzo, los accesorios observados son clorita, anfíbol y granate.
	<b>EDAD</b>	Pleistoceno tardío.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Su color rojizo se debe a hematita y goetita. Aparentemente no contienen fósiles, salvo un género de <i>Egateria</i> (?) sp., el cual fue indicado como de aguas salobres y de una edad Plioceno tardío o posiblemente Pleistoceno.
<b>REKOWSKI &amp;RIVAS (2005)</b>	<b>LOCALIDAD</b>	Aflora a lo largo de la costa oriental de Margarita oriental, desde Pampatar hasta Manzanillo, desapareciendo, a excepción de pequeños cuerpos al oeste de la falla de Salamanca.
	<b>CONTACTOS</b>	Suprayace discordantemente a la Formación Pampatar, a las rocas metamórficas de de los cerros de Agua de Vaca, a la Metatrondhjemita de Matasiete, a las rocas ultramáficas del Complejo Metafiolítico de Paraguachí y las rocas Metamórficas de la Asociaciones Metamórficas Juan Griego y Los Robles. Se encuentra cubierta por depósitos pleistocenos de tipo fluvial.
	<b>OBSERVACIONES</b>	Proponen simplificar el nombre a Formación Falca.

## 3.2 Geología Estructural Regional

### 3.2.1 Evolución geodinámica de la Región Caribe

La evolución geológica de la región Caribe se inicia a partir del Jurásico con la etapa de rifting, en la cual se inicia el rompimiento continental entre Sudamérica y el bloque Yucatán, generando la subsidencia del margen norte de la primera y el desarrollo de un margen de extensión pasivo que originó el proto Caribe (PINDELL *et al.*, 1988 y STEPHAN *et al.*, 1990)

Entre los modelos más aceptados para explicar la evolución tectónica de la corteza caribeña y describir el marco geodinámico de la región, están los de SPEED (1985), PINDELL (1985), PINDELL & BARRET (1990), STEPHAN (1990), OSTOS (1990) y PINDELL & KENNAN (2001).

El origen y la evolución tectónica de las islas caribeñas están controlados por la evolución de la placa Caribe, la cual es considerada alóctona (SPEED, 1985; PINDELL, 1985; ERLICH *et al.*, 1989). Se inicia en el Cretácico con la colisión entre el arco volcánico y la zona noroeste de la placa Sudamericana (PINDELL *et al.*, 1988; OSTOS, 1990; STEPHAN 1990) y posteriormente a partir del Terciario comienza la etapa de transpresión y migración hacia el este de la placa Caribe (SPEED, 1985; PINDELL, 1985; PINDELL & BARRET, 1990; STEPHAN *et al.*, 1990 y OSTOS, 1990).

La placa Caribe limita el este con el arco volcánico y la zona de subducción de las Antillas Menores de Sotavento, al oeste con la zona de subducción en América Central, el cinturón deformado de Panamá y la fosa Caimán, mientras que los límites al norte y al sur no están bien definidos, aunque se han denominado como límites con movimiento transcurrente BURKE (1978) en CONTRERAS (2002)

El límite Caribe – Suramérica ha sido motivo de discusión entre varios autores, donde las principales diferencias se encuentran en la determinación de la zona límite entre ambas placas, la distancia y velocidad de migración de la placa caribeña y correspondencia con las tasas de desplazamiento de las estructuras fijadas como límites. El límite entre ambas placas ha sido propuesto a lo largo del límite transformante del sistema de fallas Boconó – San Sebastián – El Pilar y la zona de subducción al norte de las costas colombo – venezolanas.

YSACCSIS & AUDEMARD (2000) y AVÉ LALLEMANT (1990) plantean que el límite entre las placas Caribe – Sudamérica al este de Venezuela, está definida por una región transicional de 350 Km de ancho aproximadamente, constituida por corteza oceánica y continental, limitados por fallas extensionales y transformantes. Para mostrar esto plantearon el modelo de “Orógeno en Flotación” (“Orogenic Float”), el cual se muestra en la Figura 2, y así explicar la deformación por compresión, transpresión, transtensión y balance litosférico en un marco tectónico regional de subducción oblicua. Al este de Venezuela, el sistema que se plantea estaría comprendido entre el cinturón plegado de La Blanquilla al norte y la serranía del Interior al sur.

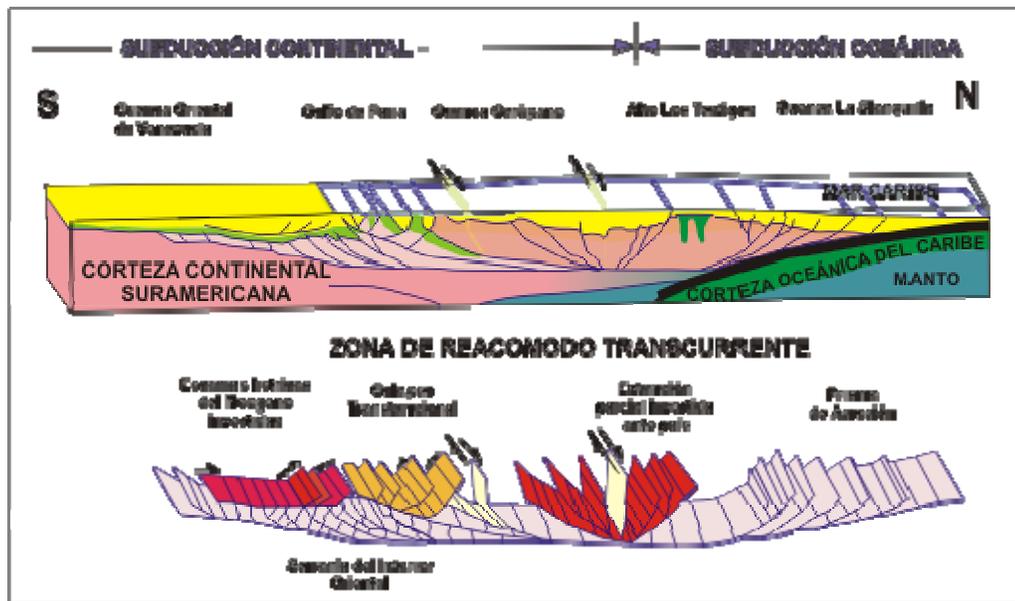


Figura 2: Modelo “Orógeno en flotación” para la región este de Venezuela  
Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

Por su parte, SPEED (1985) plantea que el límite transformante de placas Boconó – San Sebastián – El Pilar, presenta cierta inconsistencia, particularmente porque la falla El Pilar no se ha establecido concretamente como una falla transformante, sino únicamente como una falla que marca el contacto entre el continente, el arco de las Antillas y las napas solapadas, que representa un ramal con movimiento hacia el este en el límite océano continente.

También sugiere que el problema del límite sur de la placa Caribe es que no se ha definido concretamente hacia el este una zona transcurrente de gran desplazamiento, la cual esté debidamente apoyada en evidencias sísmo – tectónicas y por grandes fallas con desplazamiento mayor a los 100 Km, tanto en el continente como en el océano. De igual manera sostiene que a lo largo de este límite transformante existe aparentemente una zona en la región centro – oeste de Venezuela que indica evidencias de un movimiento transcurrente sinistral. Sin embargo, AUDEMARD & GIRALDO (1997) plantean que este sistema se encuentra en continuidad mecánica y cinemática.

Por otro lado, se desarrollaron investigaciones basadas en el posible límite de subducción al norte de las costas colombo – venezolanas. TALUKDAR (1983) y CASE *et al.* (1984) en OSTOS (1990), plantean un posible contacto de corteza oceánica y continental en la plataforma venezolana, que comienza entre la península de Paraguaná y las islas Neerlandesas y se extiende al sur del archipiélago Los Roques hasta el noroeste de la isla de Margarita. BLANCO & GIRALDO (1992) en CONTRERAS (2002) plantean un cabalgamiento al norte del posible contacto entre corteza oceánica – continental, el cual marca un límite de subducción entre ambas placas, e YSACCIS (1997) sugiere una zona de intensa deformación como resultado de la convergencia entre las placas Caribe y Sudamérica antes del Mioceno.

En conclusión, no se ha establecido de manera concreta el límite Caribe – Suramérica, pero tomando en cuenta que la transpresión comienza en la zona noroeste de Sudamérica y que la placa Caribe se ha desplazado hasta el extremo este de Sudamérica, la zona sobre el cual ha ocurrido el movimiento debe tener un ancho considerable y mayor que la región del borde del continente, y debe extenderse hacia el norte en la litosfera oceánica. Esto implica que el límite sur de la placa Caribe no es una zona rígida y claramente limitada, sino que debe corresponder a una zona de transición de ancho considerable.

Es importante destacar que todos los modelos consideran la falla El pilar como parte del sistema límite entre ambas placas.

### **Jurásico tardío – Cretácico temprano (140 M.a)**

Al oeste de Sudamérica, PINDELL & BARRET (1990) y ERLICH & BARRET (1990), sugieren un arco de islas ancestral de las Antillas Mayores, ubicado al este del Pacífico, donde se inició un margen divergente entre dicha península y Sudamérica, debido a la separación continua entre Norte y Sudamérica (PINDELL *et al.*, 1988)

### **Barremiense – Aptiense (125 M.a)**

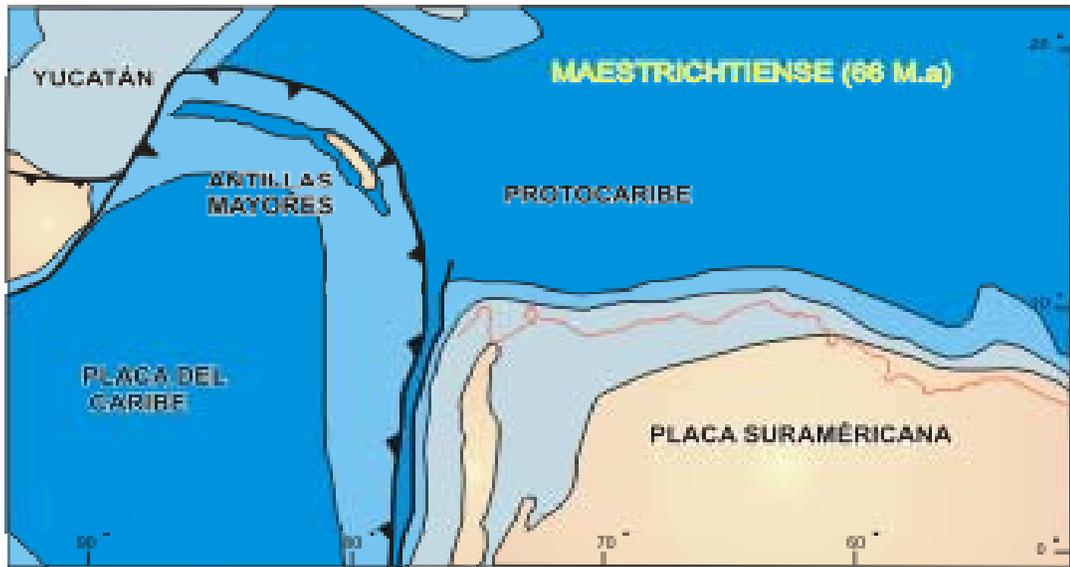
Ocurre un cambio en la dirección de migración del NE al SE del arco volcánico de las Antillas Mayores, desarrollándose un límite convergente al oeste de Sudamérica (OSTOS 1990). Se propone la formación del Grupo Villa de Cura, el cual representa una pieza del arco de Aves que fue obducido en el NW de Sudamérica (representado por la Cordillera de la Costa y parte del Bloque Margarita)

### **Albiense (100 M.a)**

Se invierte el sentido de la subducción entre las Antillas Mayores y América central, como resultado de la colisión entre el proto-Caribe y el arco de islas de las Antillas, esto genera el desarrollo del arco de islas Caribe por encima del arco protocaribeño, el cual está constituido por las Antillas Mayores, la isla Desiderade, el “Ridge” de Aves y las islas neerlandesas y venezolanas, entre las cuales se encuentra la actual isla de Margarita. KLUGE *et al.* (1992) en ISTURIZ & GRANDE (2005), reportan una edad de U – Pb 112 Ma para la Metatrondhjemita de Matasiete.

### **Campaniense (84 M.a)**

Colisiona el extremo sur del arco de islas con el extremo noroeste de Sudamérica al oeste (STEPHAN *et al.*, 1990,; OSTOS, 1990), (Figura 3), luego se desarrollaron límites transformantes al norte y sur de la placa Caribe, que continuó su deriva al noreste. Para finales del Cretácico, el forebulge de la placa proto-caribe, que se hallaba subduciendo bajo la placa sudamericana, se encontraba en las actuales costas orientales venezolanas, creando una zona positiva.



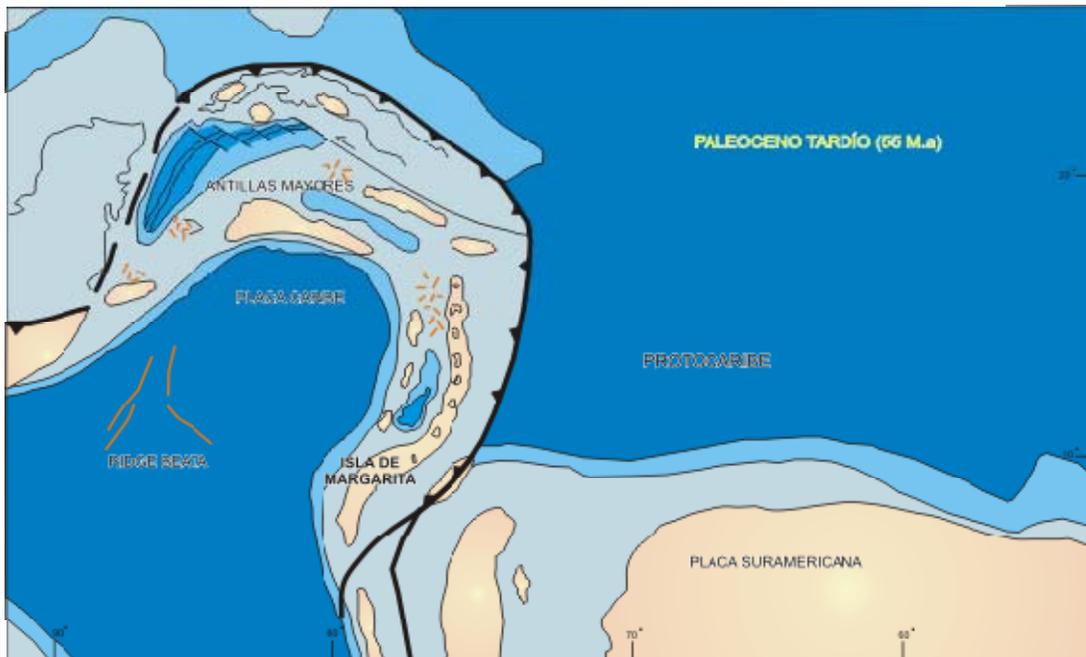
**Figura 3: Paleogeografía de la región caribe durante el cretácico tardío**  
Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

### **Paleoceno (56 – 70 M.a)**

(OSTOS, 1990, ERLICH & BARRET, 1990) proponen un cambio en el desplazamiento relativo del Caribe, producto de una colisión oblicua y desplazamiento del bloque Margarita sobre Sudamérica. Los altos de La Blanquilla, Aves, Margarita, Los Testigos y Antillas Neerlandesas están emergidos y continúan así durante todo el Paleógeno.

### **Eoceno temprano**

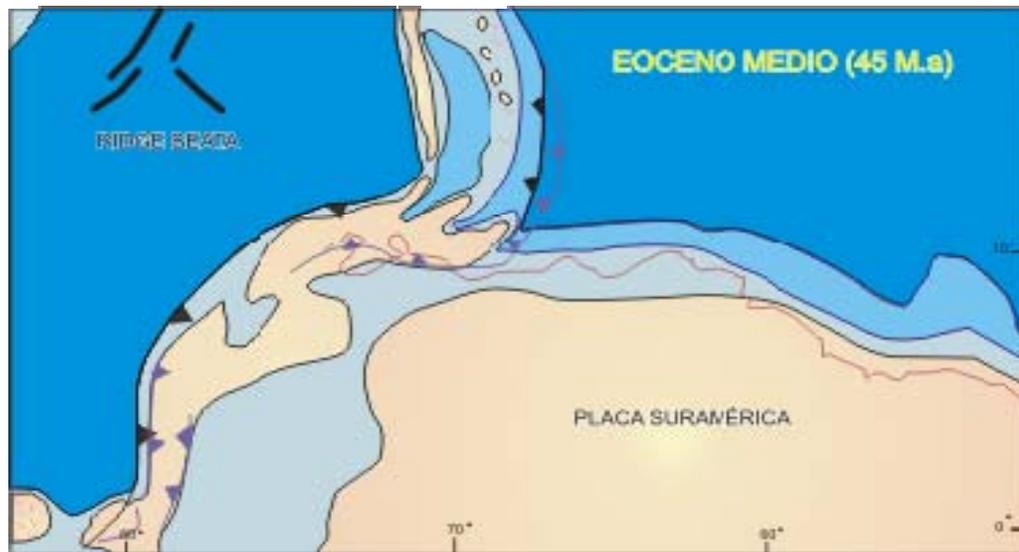
A partir de esta periodo, como consecuencia de la colisión y migración de la placa Caribe, el oeste de Venezuela pasa de ser un margen activo a uno colisional y se produce metamorfismo de P/T media en la zona de colisión, extinción del magmatismo calcoalcalino en sentido oeste-este en el arco de islas caribeño, transgresión en el extremo noroccidental de Sudamérica y sobrecorrimiento al sur de los terrenos que conforman las islas Neerlandesas y venezolanas, Cordillera de la Costa – Margarita y plataforma venezolana. También comienza la etapa rift intraplaca descrita por YSACCIS (1997), en un dominio retroarco (OSTOS 1990). (Figura 4).



**Figura 4: Paleogeografía de la región caribe durante el Paleoceno tardío**  
 Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

### **Eoceno medio**

El arco de las antillas mayores colisiona con la plataforma de las Bahamas, la placa caribeña cambia la dirección de movimiento hacia el este, comienza la transpresión en el occidente de Venezuela y se genera una rotación en sentido horario de los bloques transpresionales en la zona límite este y sur de la placa Caribe y norte de Sudamérica, relacionado con el cizallamiento en sentido dextral de Oca – San Sebastián – El Pilar entre ambas placas (PINDELL *et al.*, 1988; Ostos, 1990). Para este momento la isla de Margarita se encuentra emergida, representando parte del arco volcánico. (ver Figura 5)



**Figura 5: Paleogeografía de la región caribe durante el Eoceno medio.**  
 Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

### **Eoceno tardío**

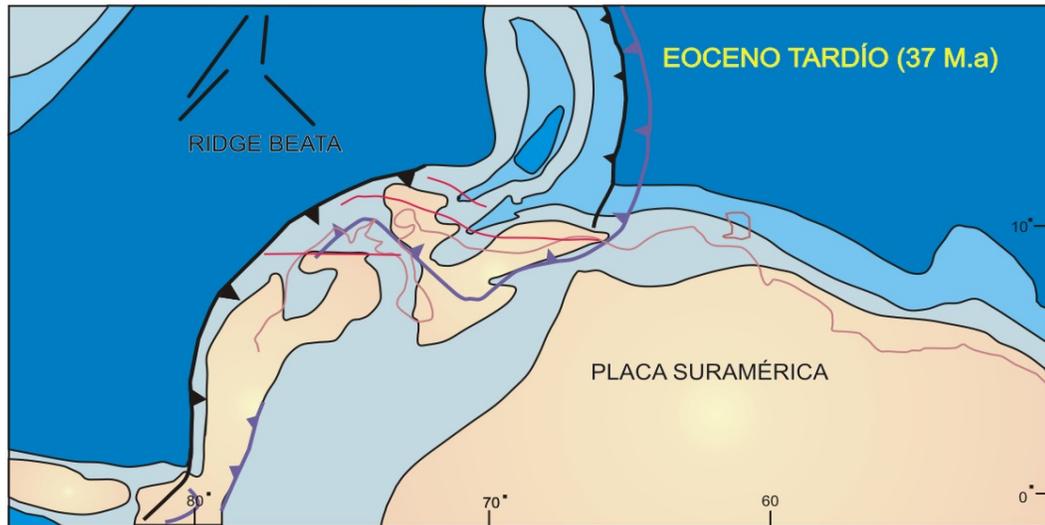
Continúa el emplazamiento de los terrenos transpresionales a lo largo del margen norte de Sudamérica (PINDELL *et al.*, 1988; PINDELL & BARRET, 1990; OSTOS, 1990; STEPHAN *et al.*, 1990), el margen pasivo formado durante el Cretácico es transformado en un frente de corrimiento y cuencas antepaís asociadas, causando la migración del foredeep. (Figura 6)

YSACCIS (1997) define para este momento el inicio de un régimen de rifting a lo largo del noreste de Venezuela, el cual termina en el Mioceno temprano. La fase rift en el área de Cariaco ocurrió durante el Eoceno – Mioceno temprano.

### **Eoceno tardío – Oligoceno temprano (35 M.a)**

Se genera un patrón regresivo a lo largo del margen norte de Sudamérica, STEPHAN *et al* (1990) caracteriza el comienzo del Oligoceno como un periodo de quietud tectónica alrededor del Caribe o una disminución en el movimiento de la región caribeña, esto es debido a la interrupción temporal del volcanismo relacionado a la

subducción de la corteza Atlántica bajo las Antillas Menores. YSACCIS (1997) establece un régimen de inversión entre el Oligoceno y Mioceno temprano debido a fuerzas compresionales relacionadas a la convergencia oblicua, ONO – ESE entre el Caribe y la placa Suramericana.



**Figura 6 : Paleogeografía de la región caribe durante el Eoceno tardío.**

**Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)**

### **Oligoceno tardío**

El frente de deformación caribeño alcanza la península Araya – Paria, posteriormente a Trinidad y el cizallamiento dextral a lo largo del borde norte de Sudamérica (Boconó – San Sebastián – El Pilar) genera las cuencas “pull-apart” de Falcón, Bonaire y la baja Guajira al noreste de Venezuela (OSTOS, 1990).

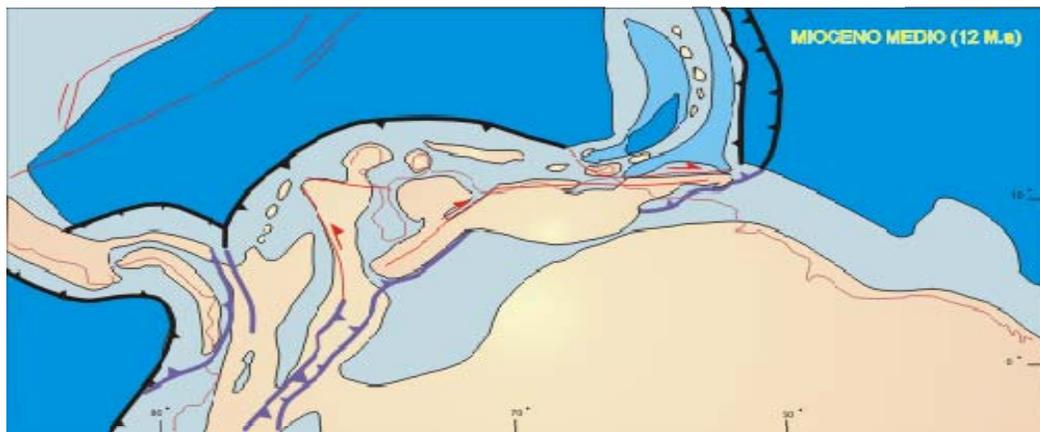
PINDELL & KENNAN (2001) plantean esa época un cambio en el azimut de la región Caribe, lo cual produjo el mayor cambio en el estilo tectónico del desarrollo en el sureste de la región del Caribe.

### **Mioceno temprano – medio? (17 M.a)**

Las cuencas Tuy – Cariaco, la Blanquilla y áreas circundantes son sometidas a un marco transtensivo, el cual genera un plegamiento de los depósitos sedimentarios previos y emplazamiento de secuencias eocenas y cretácicas sobre la isla de Margarita lo cual ocurre a comienzos del Neógeno SPEED (1985) y PINDELL & BARRET (1990).

### **Mioceno medio – tardío (11 M.a)**

Patrones estructurales sugieren un cambio en las condiciones dinámicas de una transpresión orientada ONO – ESE durante el Mioceno medio a una componente dextral prevaleciente con orientación este – oeste desde el Mioceno tardío. En la cuenca Tuy – Cariaco se desarrolla un régimen transtensivo. (Figura 7)



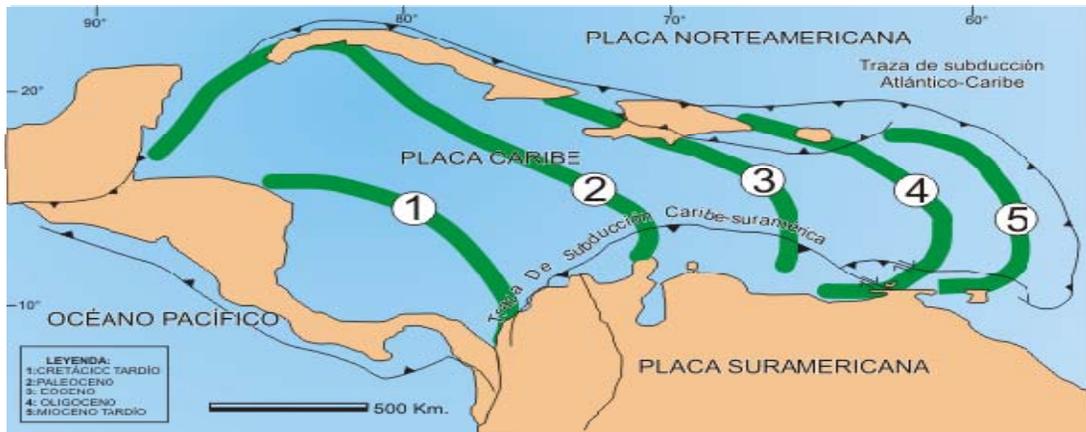
**Figura 7: Paleogeografía de la región caribe durante el Mioceno medio.**

Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

### **Mioceno tardío – reciente**

Continúa el movimiento relativo de la placa Caribe hacia el este y de los terrenos transpresionales, la configuración de la región costafuera de Venezuela y del límite entre ambas placas alcanzó la distribución geológica actual. El cinturón deformado

Surcaribe continúa activo, las fallas de Boconó, Santa Marta y San Sebastián también continúan activas. De igual manera están completamente formadas la serranía del interior, Sistema de la Cordillera de la Costa, Península Araya – Paria y las cuencas Costafuera de Venezuela. En la Figura 9 se muestra la evolución de la Placa Caribe desde el Cretácico al Mioceno tardío.



**Figura 8: Evolución Geodinámica de la Placa Caribe**  
Tomado y modificado de CONTRERAS (2002)

### 3.3 Evolución geológica de la isla de Margarita

El origen de la isla de Margarita ha sido planteado por diversos autores (PINDELL & DEWEY, 1982; PINDEL *et al.*, 1988, CHEVALIER, 1987; PINDELL & BARRET, 1990 y STÖKHERT *et al* 1995), quienes sostienen que las rocas ígneo – metamórficas que la componen han evolucionado desde el Jurásico Tardío junto con el límite sur de la placa Caribe cuando ésta se encontraba en la zona noroeste de la placa Sudamericana.

Como resultado del movimiento relativo de la placa Caribe hacia el este, han ocurrido variedad de procesos y regímenes que han determinado la configuración geológica actual, así como la ubicación y características de los altos estructurales. STÖKHERT *et al* (1985) plantea la evolución tectónica de la corteza de Margarita en 12 etapas,

basadas en dataciones de edades absolutas e interpretaciones hechas por ellos. En este estudio se describe la evolución de la isla de Margarita según los estudios realizados por CHEVALIER (1987) y STÖKHERT *et al* (1985).

### **Etapas 1**

El protolito de la Asociación Metamórfica Juan Griego está compuesto de corteza continental con basamento Paleozoico, mientras que las Metamáficas de La Rinconada pertenecían a la corteza oceánica.

Las litologías pelíticas exhiben reliquias de asociaciones mineralógicas de alta presión, incluyendo cianita, estaurólita y cloritoide, los cuales han sobrevivido a las facies penetrativas de los esquistos verdes más recientes. La presión máxima de 10 – 14 kb y 500 – 600° C (KRÜCKHANS & MARESCH, 1992 en STÖKHERT *et al* (1985) indican que la Asociación Metamórfica Juan Griego y las Metamáficas de La Rinconada deben haber estado unidas.

CHEVALIER (1987) no dispone de edad o datación que indique edad Pensilvaniense, por lo que no considera este periodo, pero señala que en el Jurásico tardío la extensión oceánica provoca una transgresión ocurriendo una sedimentación carbonática.

### **Etapas 2**

Intrusión la Metatrandhjemita de Matasiete y el Gneis de Guayacán, las cuales se atribuyen a diferenciaciones de basalto subalcalino, asociados a la formación de neo – corteza en un escenario de apertura oceánica (plagiogranito) o a una intrusión calco – alcalina de arco. Se le asigna una edad menor a 114 – 105 Ma, obtenidas por el método U – Pb. Las Metamáficas de La Rinconada pueden ser de edad Aptiense – Albiense.

CHEVALIER (1987) indica obducción de la corteza oceánica sobre el paleomargen que afecta tanto al paleomargen como a las ofiolitas, ocurriendo luego las intrusiones plutónicas representadas por Gneis de Guayacán, Metatrondhjemita de Matasiete, Metagranito de El Salado, entre otros.

### **Etapa 3**

STÖKHERT *et al* (1985) indica que las rocas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí, Metatrondhjemita de Matasiete, Gneis de Guayacán y la Asociación Metamórfica Juan Griego fueron acrecionados y yutaexpuestos sufriendo deformaciones dúctiles penetrantes y metamorfismo de alta P/T (T=500 – 600° C, P = 10 – 14 kb) todas estas unidades están juntas en el nivel más profundo de un forearc.

CHEVALIER (1987) no considera la ocurrencia de subducción, por lo que no explica el metamorfismo de alta P/T en las rocas eclogíticas de la Asociación Metamórfica Juan Griego y el Complejo Metaofiolítico Paraguachí.

### **Etapa 4**

Según STÖKHERT *et al* (1985), ocurre la intrusión del granito de El Salado el cual arroja una edad de 86 Ma por el método de U – Pb. Esto define la edad del evento metamórfico de alta P/T el cual debe ser más antiguo ya que esta unidad intrusiona las rocas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí sin que se vea afectado por el metamorfismo de alta presión.

CHEVALIER (1987) señala la instalación de un arco insular vinculado a una subducción de vergencia probablemente occidental donde ocurre vulcanismo basáltico tholeítico.

## **Etapas 5**

Fuertes deformaciones en un nivel intermedio de la corteza, bajo la condición de metamorfismo de la facies de los esquistos verdes, cuya acción influye de forma penetrativa en la Asociación Metamórfica Juan Griego, mientras que en el Complejo Metaofiolítico Paraguachí. se concentra en zonas de cizalla. STÖKHERT *et al* (1985)

Foliación marcada y una lineación de estiramiento horizontal con tendencia NE sugieren deformación en un margen transformante. La edad de esta etapa es de 66 Ma, determinada por el método de Ar – Ar en un anfíbol magmático de un gabro.

CHEVALIER (1987) sugiere que en esta etapa se desarrollan las Napas (Napa de Matasiete y Guayamurí, Napa de Los Robles, Napa El Piache – La Asunción, Napa San Juan Bautista – El Chorro, Napa de Paraguachí (REKOWSKI & RIVAS, 2005).

## **Etapas 6 y 7**

STÖKHERT *et al* (1985) sugiere un rápido enfriamiento por debajo de los 300 °C hace 53 – 50 Ma determinado por huellas de fisión en circones del Metagrano de El Salado y transición de deformación dúctil bajo la condiciones de los esquistos verdes a un régimen frágil de fallamiento. Ocurre un levantamiento significativo que trae al Complejo Margarita de un nivel intermedio de la corteza a un nivel superficial. Una reorganización tectónica tuvo lugar hace 50 Ma. Ocurre reequilibración en zonas de cizalla produciendo una nueva mica blanca, con edades de K – Ar de 55 – 50 Ma y comienzo de la depositación de sedimentos eocenos.

CHEVALIER (1987) propone un modelo tectónico de transcolisión para justificar la preponderancia del desplazamiento longitudinal y el paralelismo de las lineaciones de elongación en la dirección global de la sección orógena estudiada. Estas direcciones tendrán una orientación aparente NW – SE.

## **Etapa 8**

Se generan fracturas en el dominio frágil, donde la extensión presenta dirección este – noreste oeste – suroeste. Estas fracturas se rellenan generando numerosas vetas de cuarzo. STÖKHERT *et al* (1985)

## **Etapa 9**

Intrusión de diques de composición basáltica a andesítica, siguiendo las fracturas formadas en la etapa 8, dichas intrusiones arrojaron una edad de 52 – 47 Ma por el método Ar – Ar en un anfíbol magmático. STÖKHERT *et al* (1985)

## **Etapa 10**

Fallamiento inverso en direcciones variables, caracterizado parcialmente por la reactivación de un antiguo sistema de fracturas. STÖKHERT *et al* (1985)

## **Etapa 11**

Desarrollo de fallamiento normal en diferentes orientaciones, además de reactivación de fallas y sistemas de fracturas anteriores. STÖKHERT *et al* (1985)

## **Etapa 12**

Deposición de sedimentos Neógenos, en una relativa quietud tectónica. Pocas fallas dispersas cortan los sedimentos Neógenos. STÖKHERT *et al* (1985)

CHEVALIER (1987) indica para esta etapa un levantamiento de los cinturones alóctonos causado por la flotabilidad de la corteza continental de Sudamérica en la entrada a la fosa del Caribe, lo que origino un proceso erosivo de estas zonas positivas pertenecientes al Eoceno tardío – Oligoceno medio.

### 3.4 Geología estructural regional

Para mostrar el ambiente estructural de la región oriental de la isla de Margarita se realizará una descripción de las principales estructuras presentes en la isla tales como pliegues y fallas.

#### 3.4.1 Fallamiento

El basamento metamórfico de Margarita oriental ha sufrido un fallamiento complejo, TAYLOR (1960) reconoce dos direcciones principales de fallamiento, fallas de rumbo aproximadamente norte – sur y otras de rumbo aproximado este – oeste. Las de dirección norte – sur parecen normales, mientras que las de rumbo este – oeste son, al menos parcialmente, fallas inversas de ángulo alto TAYLOR *op. Cit*, (1960).

Por su parte, CHEVALIER (1987) reconoce 3 direcciones principales de fallas, además de las direcciones observadas por Taylor incluye un tercer grupo de fallas de dirección aproximada hacia el noreste. Este autor interpreta las fallas de dirección norte – sur como rampas laterales sinestrales mientras que las de dirección noreste las interpreta como rampas frontales inversas, responsables del apilamiento de las napas desde el noroeste que se doblan para ser tangenciales con las fallas sinestrales, de allí que las trazas de las primeras sean curvadas. A continuación se realiza una breve descripción de las fallas más importantes en Margarita oriental.

- Falla de Matasiete

Falla con rumbo general norte – sur que limita el extremo oeste del cuerpo de Metatrondhjemitas de Matasiete ROJAS (1986). Se observa como una falla transcurrente sinistral evidenciada por el contacto entre la Metatrondhjemita de Matasiete y la Asociación Metamórfica Juan Griego REKOWSKI & RIVAS (2005).

HESS & MAXWELL (1949) sugirieron que su origen podría haber sido de falla de rechazo horizontal, TAYLOR (1960) la denomina como una falla vertical con rumbo

N5E y GONZALEZ DE JUANA (1968) la considera como el extremo este de un pequeño graben situado al oeste del Cerro Matasiete.

- Falla de La Aguada

Está ubicada al sureste de La Asunción, es pseudo paralela a la falla de Matasiete, presentando una dirección aproximada norte – sur, es de tipo transcurrente sinistral, corta los sedimentos de la Asociación Metamórfica Juan griego y al norte y sur se pierde bajo el aluvión REKOWSKI & RIVAS (2005).

- Falla de Salamanca

TAYLOR (1960) la denomina falla de La Fuente e indica que es casi paralela a la falla de Matasiete y está situada a 2 km de ésta. Se evidencia por una serie de depresiones lineales y pequeñas intrusiones ultramáficas, no se conoce la extensión del desplazamiento, pero se supone que debe ser de varios millares de metros. REKOWSKI & RIVAS (2005) la describen como una falla de dirección mixta, al norte es de dirección cercana a la norte – sur, mientras que al suroeste la tendencia es al noreste, donde además presenta una componente vertical inversa.

- Falla Los Micos y falla de Tacarigua

Están ubicadas en la región norcentral, son fallas sinestrales con una componente inversa, ambas presentan trazas curvas, al norte con dirección noreste y hacia el sur presentan una tendencia cercana a la este – oeste, de estas fallas se desconoce la magnitud de su desplazamiento.

TAYLOR (1960) llama a la falla de Tacarigua “falla de El Boquerón” y señala que el movimiento relativo es el de una falla inversa de ángulo alto, con un pronunciado buzamiento al sur.

- Zona de Cizallamiento de Manzanillo

Zona de falla con rumbo este – noreste, se caracteriza por una amplia brechación y cizallamiento, aparentemente lubricado por serpentinita – antigorita, a ésta se le infiere un pronunciado movimiento dextral. Hacia el sur reconoce pequeñas fallas subparalelas a la zona axial CHEVALIER en REKOWSKI & RIVAS (2005)

### 3.4.2 Plegamiento

En Margarita oriental las trazas de los ejes de los pliegues tienen una dirección de N40 – 50 E que van cambiando hasta convertirse en la parte norte de la isla en trazas con direcciones norte – sur.

TAYLOR (1960) señala que las rocas de la Asociación Metamórfica Juan Griego han sido plegadas complejamente formando un anticlinorio con buzamiento hacia el suroeste, donde el rumbo de las unidades dentro de dicha asociación es arqueado con respecto a este eje, y en la zona axial del núcleo de la estructura, la deformación es más intensa. Por otro lado señala que la Asociación Metamórfica Los Robles forma un homoclinal de pronunciado buzamiento y que las rocas sedimentarias del Terciario inferior están plegadas, formando un ancho sinclinal que es aproximadamente paralelo a las formaciones anteriores y que además está localmente volcado a lo largo del margen norte.

CHEVALIER (1987) señala declives axiales frecuentes hacia el sur – suroeste pero también hacia el norte – noreste como en el antiforme de Altagracia. Entre tanto, en la zona de punta María Libre se observa un sinforme y en la zona de cerro Valle Hondo el anticlinal de El Maco, mientras que en la región norcentral, un eje antiforme mayor pasa al noroeste de la población de San Juan Bautista y otro se extiende desde el norte de la población de Santa Ana y un tercero en los esquistos grafitosos de la Asociación Metamórfica Juan Griego, afectando también al Complejo Metaofiolítico Paraguachí y al Gneis de Guayacán, al noroeste de Juan Griego.

## *CAPÍTULO IV*

### **4. GEOLOGIA LOCAL**

#### **4.1 Unidades Litológicas**

A continuación se hará una descripción de las unidades encontradas en la zona de estudio, se realizará una distinción entre las unidades félsicas y las ultramáficas, así como también una descripción de la unidad metasedimentaria presente en la zona.

##### 4.1.1 Complejo Metaofiolítico Paraguachí (Serpentinita)

Esta unidad aflora en el flanco oriental del cerro Matasiete, ocupa una extensión de aproximadamente 5 Km<sup>2</sup>. descansa sobre la Metatrondhjemita de Matasiete a través de un contacto tectónico (corrimiento) y se encuentra cubierta de manera discordante por la Formación Falca en las inmediaciones de Playa Guacuco.

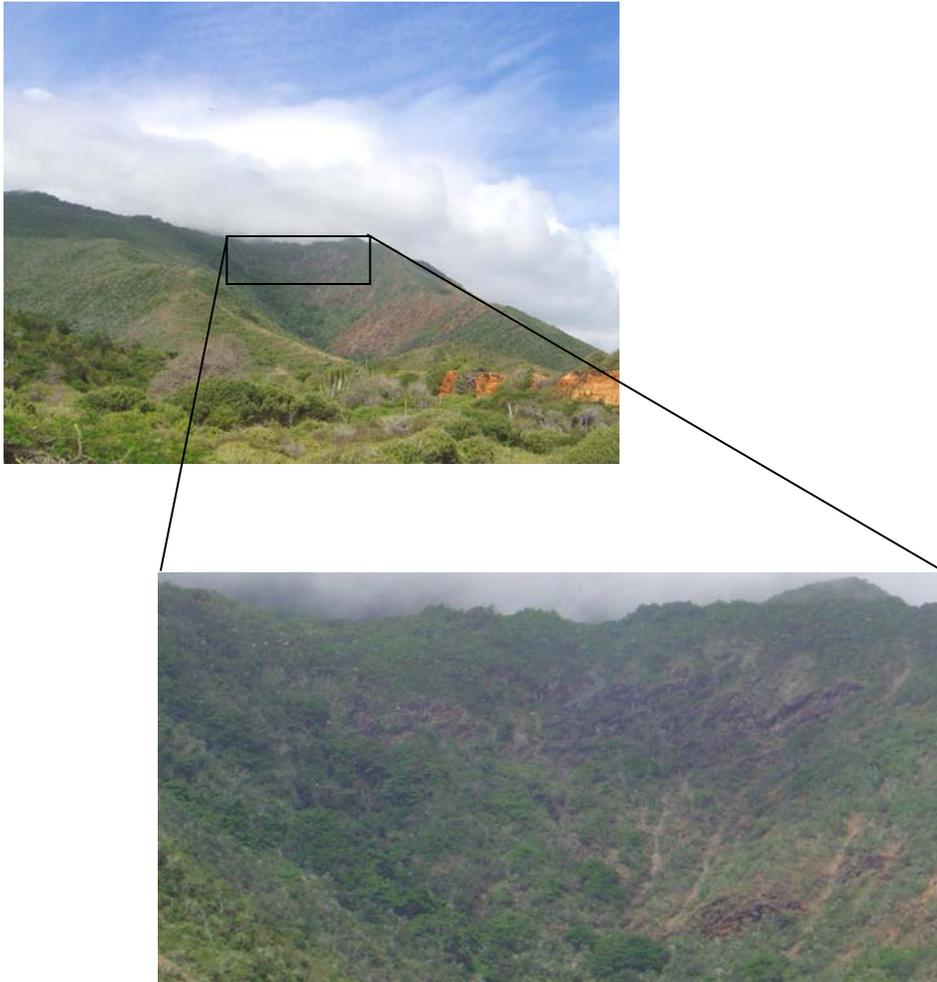
En esta zona esta unidad presenta una zona de cizalla horizontal, evidenciada por unas vetas de crisotilo silicificadas. Fig. 9.



**Figura 9: Vetas de crisotilo silicificadas en serpentinita. Carretera Guacuco. Orientación de la foto: N20W**

Además se observó un nivel de deslizamiento debido a la cizalla en el lado este del cerro Matasiete en la parte alta del Cerro Matasiete al noroeste de playa Guacuco.

Fig. 10



**Figura 10: niveles de deslizamiento en la serpentinita.  
Orientación foto: N15W**

Además del cuerpo suprayacente a la Metatrondhjemita, esta unidad aflora en lomas aisladas en las cercanías de la población de Salamanca, aquí la serpentinita presenta milonitización, la roca es de color verde grisáceo haciéndose mas oscura hacia el este (Figura 11). Se observa la presencia de magnesita.



**Figura 11: Afloramiento de serpentinita del Complejo Metaofiolítico Paraguachí en Salamanca.**  
**Orientación foto: EW**

En la figura 12 se observa una panorámica donde se muestra el contacto de las unidades ultramáficas, representada por serpentinitas y harzburgitas del Complejo metaofiolítico Paraguachí, y las rocas félsicas, representada por la Metatrondhjemita de Matasiete, además se muestra el afloramiento de serpentinita en la población de Salamanca. Este contacto es evidenciado por el cambio de vegetación entre las distintas litologías.

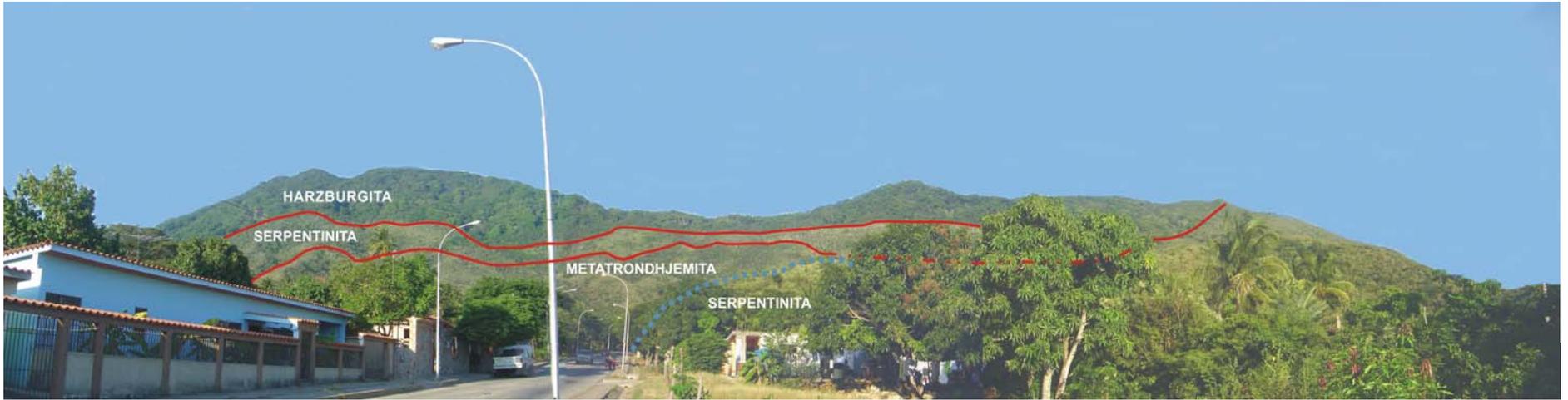
Las propiedades físicas de las muestras recolectadas de esta unidad se resumen en la tabla 6. Se puede destacar que la muestra MS-63 presenta arreglo de mineral, sin llegar a tener una foliación propiamente dicha. Y la muestra MS-01 presenta magnesita como consecuencia de la acción hidrotermal.

**Tabla 6: tabla resumen de descripción de muestras de las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí**

MUESTRAS	COLOR FRESCO			COLOR METEORIZADO			GRANULARIDAD			FÁBRICA				TEXTURA				FOLIACIÓN			
	G-V	G	V	P-N	P-G	G-V	Fanerítica			EQUI		INEQU		G	L	C	P	E	GN	F	NF
							G	M	F	I	H	S	P								
MS-01	X			X					X				X								X
MS-31			X						X				X								X
MS-63	X				X			X					X								X

LEYENDA:

- COLOR: G-V: Gris-verdoso. G: Gris. V: Verde. P-N: Pardo- negro. P-G: Pardo- Gris. G-V: Gris-verdoso.
- FÁBRICA: I: Idiomórfica. H: Hipidiomórfica. S: Seriada. P: Porfirítica.
- TEXTURA: G: Granoblástica. L: Lepidoblástica. C: Cataclástica. P: Poiquiblastística.
- FOLIACIÓN: E: Esquistosa. GN: Gneisica. F: Foliada. NF: No foliada.



**Figura 12: Panorámica que muestra el contacto entre el complejo ultramáfico, representado por Harzburgitas y Serpentinitas, y la Metatrondhjemita de Matasiete**

#### 4.1.2 Asociación Metamórfica Juan Griego

Esta unidad aflora al oeste de la Falla de Matasiete a lo largo de la carretera 31 de julio, esta en contacto de falla con la Metatrondhjemita de Matasiete.

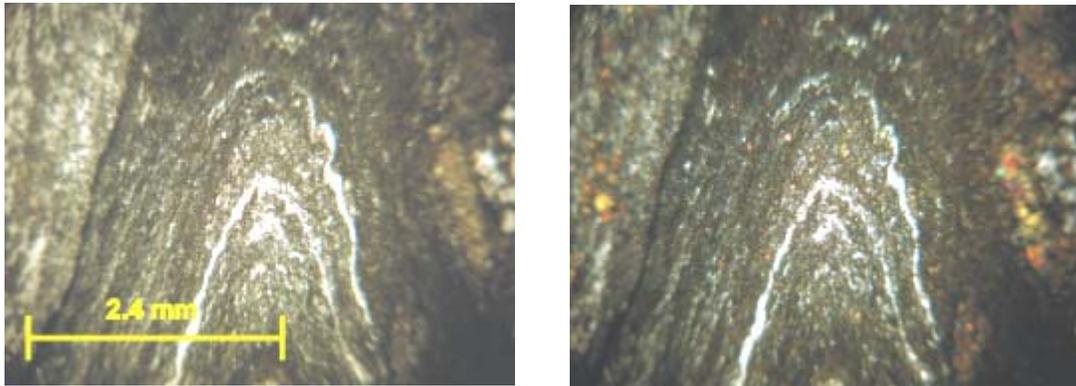
La litología encontrada en la zona de estudio fue esquistos sericíticos, y grafitosos (Fig. 13), los cuales se presentan con un alto grado de deformación como consecuencia de la falla de Matasiete.

En los afloramientos de la mencionada carretera la roca es de color pardo claro a negro, presenta foliación la cual varía entre N10E y N20E. Además se destaca la presencia de micropliegues.



**Figura 13: Afloramiento de esquistos de la Asociación Metamórfica Juan Griego. Carretera La Fuente – Guarame. Orientación foto: EW**

Se encontró también un enclave de color verde el cual en sección fina mostró una composición con un alto contenido de epidoto, por lo que fue clasificada como epidocita, esta muestra se encuentra ubicada en un afloramiento cercano a la Falla de Matasiete y en muestra de mano se puede observar la presencia de micropliegues los cuales también se pueden apreciar en sección fina y están compuestos de cuarzo. Fig 14



**Figura 14: Microplegues observados en una muestra de epidocita de la Asociación Metamórfica Juan Griego (Objetivo 4/0.12 y ocular 12.5 X)**

Además es posible apreciar que entre las poblaciones de la Fuente y Las Tapias los esquistos se vuelven más grafitosos hacia el sur (Fig.15) y contienen budines arenosos los cuales se aprecian en la figura 16.



**Figura 15: Budines arenosos en la Asociación Metamórfica Juan Griego. Carretera 31 de julio. Orientación de la foto: NS**



**Figura 16: esquistos grafitosos de la Asociación Metamórfica Juan Griego (carretera 31 de Julio) Orientación de la foto: NS**

Las características de las muestras recolectadas de esta unidad, tales como color fresco y meteorizado, granularidad, fábrica, textura, foliación se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7: Tabla resumen de descripción de muestras de la Asociación Metamórfica Juan Griego**

MUESTRAS	COLOR FRESCO			COLOR METEORIZADO			GRANULARIDAD			FÁBRICA				TEXTURA				FOLIACIÓN				
	B-V	G	V	P-N	P-G	G-V	Fanerítica			INEQU				G	L	C	P	E	GN	F	NF	
							G	M	F	I	H	S	P									
MS-37	X			X					X						X						X	
MS-45		X			X				X						X						X	
MS-46		X				X			X					X								X

LEYENDA:

- COLOR: B-V: Blanco-verdoso. G: Gris. P-N: Pardo- negro. P-G: Pardo- Gris. P-V: Gris- Verdoso.
- FÁBRICA: I: Idiomórfica. H: Hipidiomórfica. S: Seriada. P: Porfirítica.
- TEXTURA: G: Granoblástica. L: Lepidoblástica. C: Cataclástica. P: Poiquiloblástica.
- FOLIACIÓN: E: Esquistosa. GN: Gneisica. F: Foliada. NF: No foliada.

#### 4.1.3 Metatrondhjemita de Matasiete

Esta unidad se encuentra ubicada en el flanco occidental, sur y parte del flanco norte del cerro homónimo a manera de cuña entre las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí y la Asociación Metamórfica Juan Griego.

El contacto de la Metatrondhjemita de Matasiete con la Asociación Metamórfica Juan Griego es de falla (falla de Matasiete) y con la serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí es por corrimiento. Por otro lado, las unidades sedimentarias adyacentes, Formación Falca y sedimentos cuaternarios, la cubren de manera abrupto discordante.

Generalmente consiste en una roca leucocrática con un color que varía de blanco grisáceo a blanco verdoso, que meteoriza a marrón rojizo o pardo. Se recolectaron un total de 55 muestras de este tipo de rocas de las cuales 18 muestran textura ganoblástica, 22 textura cataclástica y 15 lepidoblástica.

Esta masa de roca, presenta abundantes vetas de cuarzo, con un espesor variable entre 1 y 2,5 cm; generalmente tienen dirección N50E y N50W (ver Figuras 17 y 18)



**Figura 17: Familia de vetas de la Metatrondhjemita de Matasiete. Orientación foto: N65E**



**Figura 18: Veta en la Metatrondhjemita de Matasiete. Orientación de la foto: NS**

También se observan enclaves distribuidos en la ladera sur del Cerro Matasiete, uno ubicado hacia el este, en la población de sabana de Guacuco, de color gris verdoso, de aproximadamente 1 m de ancho, cuya longitud no se puede precisar por encontrarse muy meteorizado. Fig. 19.



**Figura 19: Enclave. Orientación foto: N32W**

Se encontraron dos enclaves más hacia el oeste del dique anteriormente descrito a la altura de la población de Atamo Norte, (ver figura 20), uno tiene color pardo, mide aproximadamente 1,10 m de ancho y se encuentra muy meteorizado. El segundo es un enclave de epidocita de color verde claro que meteoriza a pardo, no se observa la continuidad y se hace más estrecho al norte, sólo se aprecian 70 cm. de su extensión



**Figura 20: Enclave. Orientación NS.**



**Figura 21: Enclave. Orientación N5W**

En el camino de subida al monumento de Matasiete se observa un enclave de aspecto arenoso, de color gris amarillento, muy meteorizado, pero igualmente no es posible apreciar sus dimensiones debido al grado de meteorización que presenta. (Fig. 22).



**Figura 22: Enclave arenoso cercano al Monumento de Matasiete.  
Orientación foto: N37W**

También se encontraron enclaves de epidocita, de color verde claro y forma elipsoidal. Presentan un tamaño menor, sólo pocos cm. Ver figura 23.

En la carretera La Fuente - Guaramé se observa un afloramiento de la Metatrondhjemita la cual presenta un alto grado de deformación como consecuencia de la falla de Matasiete. En la Fig. 24 se aprecia una panorámica del afloramiento.

Este afloramiento mide aproximadamente 30 metros y corresponde a una zona de cizalla en el dominio de deformación dúctil.



**Figura 23: Enclave de epidocita en la Metatrondhjemita de Matasiete.  
Orientación foto: N20E**

Además se observa una secuencia de una roca con alto contenido de epidoto, un intervalo con mayor deformación el cual se presenta muy triturado y de aspecto arcilloso con un espesor de aproximadamente 20 cm (Fig 25), una roca altamente deformada de color gris verdoso con presencia de micropliegues y metatrondhjemita milonitizada con vetas de cuarzo paralelas a la foliación. Fig. 26.



**Figura 24: Panorámica Afloramiento de Metatrandhjemita de Matasiete en la carretera La Fuente –Guarame**



**Figura 25: Intervalo arcilloso en la Metatrandhjemita de Matasiete. Orientación de la foto: N45E**



**Figura 26: Ultramilonita en la Metatrandhjemita de Matasiete. Veta de cuarzo paralela a la foliación. Orientación de la foto: NS**

Hay una zona donde la roca esta deformada plásticamente y debido al movimiento de fluidos en la zona se observa desarrollo de minerales hidratados, los cuales presentan una morfología custriforme de color pardo anaranjado. También se aprecia la presencia de vetas de cuarzo, las cuales se encuentran desplazadas o forman pliegues isoclinales con apariencia de budines u ojos, las cuales se formaron debido al alto grado de deformación. (Fig. 27).



**Figura 27: Zona de cizalla en la Metatrondjemita de Matasiete donde se observa vetas de cuarzo desplazadas y pliegues isoclinales altamente deformados con apariencia de ojos**

En la tabla 8 se muestra un resumen de las características de las muestras recolectadas de esta unidad.

**Tabla 8: Tabla resumen de descripción de muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete**

MUESTRAS	COLOR FRESCO			COLOR METEORIZADO				GRANULARIDAD			FÁBRICA				TEXTURA				FOLIACIÓN					
	B-V	B	B-G	P	P-N	P-A	P-G	Fanerítica			Afanítica		EQUI		INEQU		G	L	C	P	E	GN	F	NF
								G	M	F	I	H	S	P										
MS-02			X			X			X					X	X									
MS-03			X		X				X					X	X									
MS-05			X	X					X			X				X								
MS-06	X				X				X			X				X								
MS-07		X				X			X					X	X									
MS-08	X			X					X					X	X									
MS-09M	X					X				X						X								
MS-10	X				X			X					X			X						X		
MS-11	X			X					X					X	X									
MS-12	X				X					X					X									
MS-13	X					X				X						X								
MS-14			X	X					X			X				X								
MS-15M	X				X				X			X				X						X		
MS-16M	X					X			X			X				X							X	
MS-17	X				X				X					X										
MS-18	X			X						X						X								
MS-19	X				X				X			X			X									
MS-20	X									X							X							
MS-21	X				X						X						X					X		
MS-22	X				X				X				X				X							
MS-23M	X				X											X								
MS-24M					X				X			X			X								X	
MS-25M			X		X				X			X			X								X	
MS-26		X		X						X						X								
MS-27	X				X				X					X		X								
MS-28	X			X					X					X	X								X	
MS-29M				X					X						X									
MS-30	X			X					X					X		X								
MS-32			X		X				X			X				X						X		
MS-33	X				X				X					X		X							X	
MS-34	X			X					X						X						X			
MS-35	X			X					X						X					X				
MS-36M						X			X			X				X			X					
MS-38	X								X			X				X								
MS-39M									X			X				X								
MS-40M							X				X					X						X		
MS-41M			X		X						X					X							X	
MS-42	X	X	X	X		X										X								
MS-43M					X				X					X		X							X	
MS-44		X		X					X				X			X							X	
MS-47				X					X					X	X								X	
MS-48	X			X						X						X							X	
MS-49M				X					X					X	X								X	
MS-50	X			X						X						X				X				
MS-51	X		X	X	X				X			X			X						X		X	
MS-52M					X				X			X				X						X		
MS-53M					X				X			X			X								X	
MS-54M					X				X					X		X						X		
MS-55M						X			X							X							X	
MS-56						X				X						X						X		
MS-57	X					X			X					X		X						X		
MS-58		X					X		X					X		X						X		
MS-59M							X		X					X		X						X		
MS-60			X		X					X						X						X		
MS-61	X				X				X				X		X							X		
MS-62	X				X					X					X							X		

LEYENDA:

- COLOR: B-V: Blanco-verdoso. B: Blanco. B-G: Blanco grisáceo. P: Pardo. P-N: Pardo-negro.
- FÁBRICA: I: Idiomórfica. H: Hipidiomórfica. S: Seriada. P: Porfírica.
- TEXTURA: G: Granoblástica. L: Lepidoblástica. C: Cataclástica. P: Poiquiloblástica.
- FOLIACIÓN: E: Esquistosa. GN: Gneisica. F: Foliada. NF: No foliada.

#### 4.1.4 Formación Falca

Esta Formación está compuesta por arenas no consolidadas rojizas, muy bien escogidas, de grano fino, con una morfología de los granos de angulares a subangulares. A nivel de afloramiento se observan como un manto discordante subhorizontal. Suprayace discordantemente a la Metatrondhjemita de Matasiete, a las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí y a las rocas metamórficas de la Asociación Juan Griego. Figura 28.



**Figura 28: Formación Falca en la población de Sabana de Guacuco.  
Orientación de la foto: N30W**

## 4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

### 4.2.1. Foliación

La foliación en la Metatrondhjemita de Matasiete se puede dividir por zonas, la zona correspondiente a la ladera sur del cerro Matasiete presenta una orientación que varía entre N35E a N75E y buzamiento 25 y 40 al norte.

En la zona que corresponde a la ladera que está en la dirección norte sur del cerro Matasiete se aprecia un cambio en los planos de foliación, una dirección con rumbo N-S y buzamiento entre N30E y N45E y otra con rumbo que varía entre N15W y N45W y buzamiento entre 30 y 55 al sur. Esto también se aplica para los planos de foliación encontrados en las rocas aflorantes de la Asociación Metamórfica Juan Griego.

En la zona ubicada en la carretera La Fuente – Guarame se observan planos de foliación con rumbo de N10W y buzamiento que varía entre 30 y 60 al sur.

En las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí se observan planos de foliación en la zona cercana al contacto con la Metatrondhjemita de Matasiete con un rumbo que varía entre N10W y N50W al oeste y buzamiento entre 20 y 35 al sur.

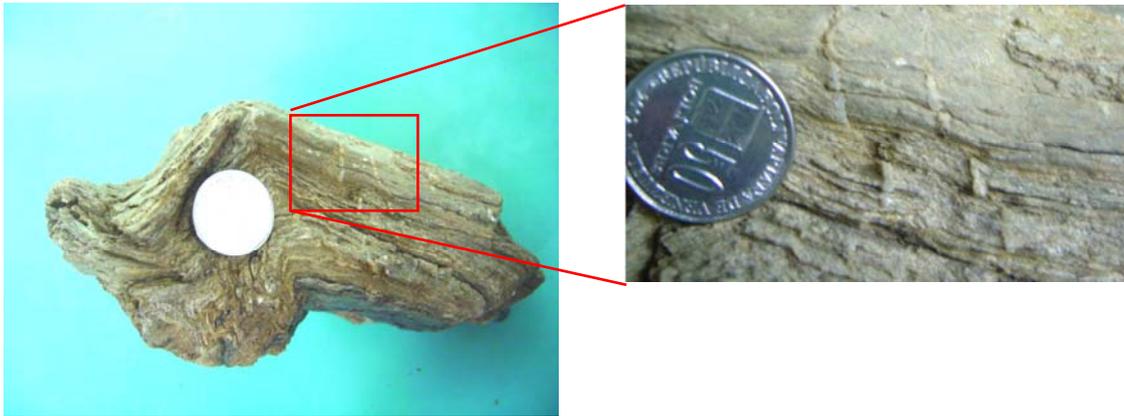
#### 4.2.2. Plegamiento

En la carretera La Fuente – Guarame se observa microplegamiento a corta distancia de la Falla de Matasiete. En esta zona, la Metatrondhjemita se encuentra muy cizallada e isoclinalmente deformada, pero la intensidad disminuye con la lejanía de la falla. Estos pliegues se encuentran inclinados hacia el este o sureste de acuerdo con la foliación. (Figura 29).



**Figura 29: Micropliegues encontrados en la Metatrondhjemita de Matasiete.  
Carretera la Fuente – Guarame.  
Orientación de la foto: N15E**

En la Asociación Metamórfica Juan Griego se observan micropliegues en los esquistos grafitosos y sericíticos cabe destacar que esta muestra presenta la presencia de dos vetas de cuarzo de aproximadamente 2 milímetros de diámetro, lo cual pone en manifiesto la existencia de dos fases de deformación en la zona. En esta muestra se aprecia la existencia de dos fases de deformación en la zona las cuales están representadas por el plegamiento y las vetas de cuarzo (Figura 30).



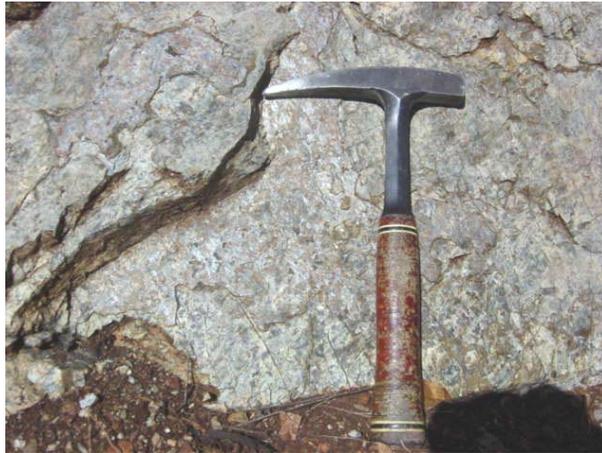
**Figura 30: Micropliegues encontrados en la Asociación Metamórfica Juan Griego. Carretera 31 de Julio. Orientación de la foto NS.**

#### 4.2.3. Fallamiento

La zona de estudio se caracteriza por la presencia de la Falla de Matasiete, la cual presenta dirección general norte – sur, la cual pone en contacto la Asociación Metamórfica Juan Griego y la Metatrondhjemita de Matasiete. Como principal evidencia de esta falla se observa la presencia de milonitas y ultramilonitas en la unidad metatrondhjemitica, en la zona más cercana a la falla se encuentran las rocas con mayor nivel de deformación, las cuales están representadas por las ultramilonitas, éstas en sección fina muestran una gran cantidad de matriz (> 90%) y rasgos característicos de este tipo de rocas tales como sombras de presión y trituración de granos.

A medida que aumenta la lejanía de la falla se observa que en las rocas va disminuyendo el nivel de deformación, y se encuentran proto y ortomilonitas, las cuales muestran un alto grado de deformación pero en menor grado que las rocas antes mencionadas, estas rocas se caracterizan por poseer un porcentaje menos de matriz y granos finamente triturados.

Se observó la presencia de un material custriforme sobre la serpentinitas al sureste de la zona de estudio, a la altura de la población de Sabana de Guacuco, este material se presenta de color anaranjado donde se observa alineamiento mineral, de orientación N15E. Esto puede ser posible evidencia de falla. (Fig. 31)



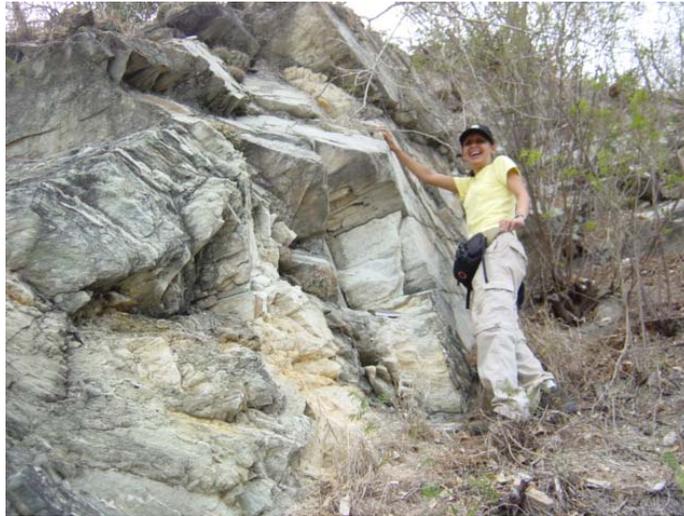
**Figura 31: Serpentinita con material custriforme donde se observa arreglo mineral. Orientación de la foto: NS**

#### 4.2.4. Diaclasas

Las diaclasas encontradas en la Metatrondhjemita de Matasiete tienen una orientación y un buzamiento variable, las que buzando al norte presentan un rumbo entre los 30° y 45° al este y 35° a 50° al oeste.

Sin embargo el patrón de orientación más abundante son las que presentan buzamiento al sur, las cuales exhiben un rumbo que varía entre los 45° y 70° hacia el oeste o 5° y 15° hacia el este.

En el afloramiento La Fuente – Guarame se observó una familia de diaclasas con las siguientes orientaciones N85W78S, N15E70N, NS55N. Ver figura 32.



**Figura 32: Familia de diaclasas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la carretera La Fuente – Guarame. Orientación de la foto: N10W**

#### 4.2.5. Deformación cataclástica

La expresión zonas de cizallamiento (*shear zones*) es usada para caracterizar regiones de la corteza terrestre generalmente estrechas, subparalelas y que están contenidas en un plano regional, en donde son registradas altas tasas de deformación (Ramsay, 1980). El metamorfismo dinámico se puede desarrollar en cualquier tipo de roca y se da a lo largo de planos o zonas de falla, como resultado de deformación intensa en la zona inmediata del movimiento, generando áreas planas relativamente estrechas donde se da una fuerte trituración de la roca o deformación frágil hasta una deformación dúctil entre las rocas encajantes menos deformadas.

Por otro lado, el comportamiento dúctil se refiere a la distribución suave – uniforme de la deformación a través de una masa rocosa sin la pérdida de cohesión, la roca se deforma plásticamente, se recrystaliza pero no se fractura. En la zona de incidencia

directa de la falla, las rocas influenciadas desarrollan estructuras subparalelas al plano principal del elipsoide de deformación y perpendiculares a la dirección de adelgazamiento máximo, siendo estas diaclasas o estructuras del tipo foliación.

Frecuentemente, la deformación mecánica esta acompañada por recristalización o por crecimiento de minerales hidratados debido al movimiento de fluidos en la zona de deformación, generándose rocas de difícil identificación, clasificación y explicación.

## PRODUCTOS Y CLASIFICACIONES

La clasificación, definición y las características de las rocas generadas en las zonas de intensa deformación se basa en la combinación de lo propuesto por Wise *et al.*, (1984) quienes consideran la competencia entre la tasa de deformación y la de recuperación (Fig. 33) y lo sugerido por Sibson (1977) basado en la proporción de clastos – matriz de las rocas generadas por fallamiento.

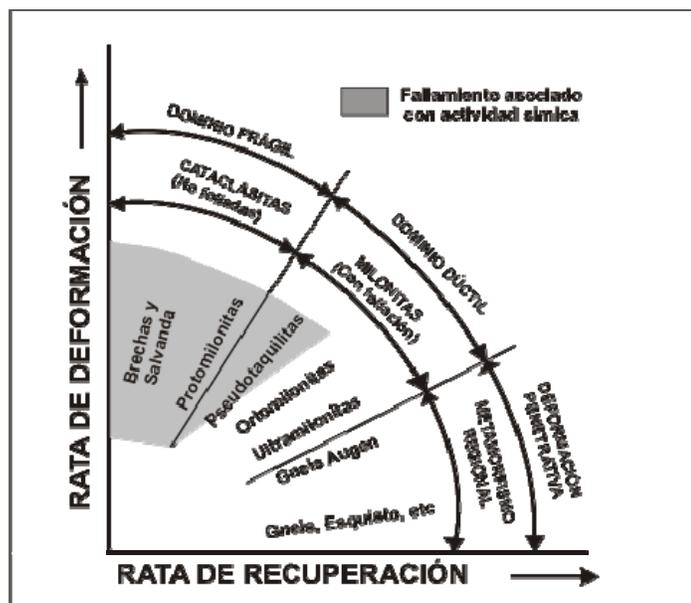


Figura 33: Terminología para las rocas generadas en zonas de falla

Para establecer esta relación se considera matriz al material fino (<0.06 mm) y clastos a los fragmentos minerales o de roca con diámetros > 0.06 mm. Igualmente, en la

zona de falla o cizallamiento, la distribución de las diferentes rocas y los regímenes de deformación respecto a la profundidad se presenta en la Figura 33. Como puede observarse, un producto o tipo de roca presente en una zona de falla esta íntimamente asociado con la profundidad de generación y con el régimen de deformación, de ahí la importancia en identificar y caracterizar geológicamente los procesos y asociaciones texturales de los materiales presentes en las zonas de deformación.

### **Zona de fallamiento frágil**

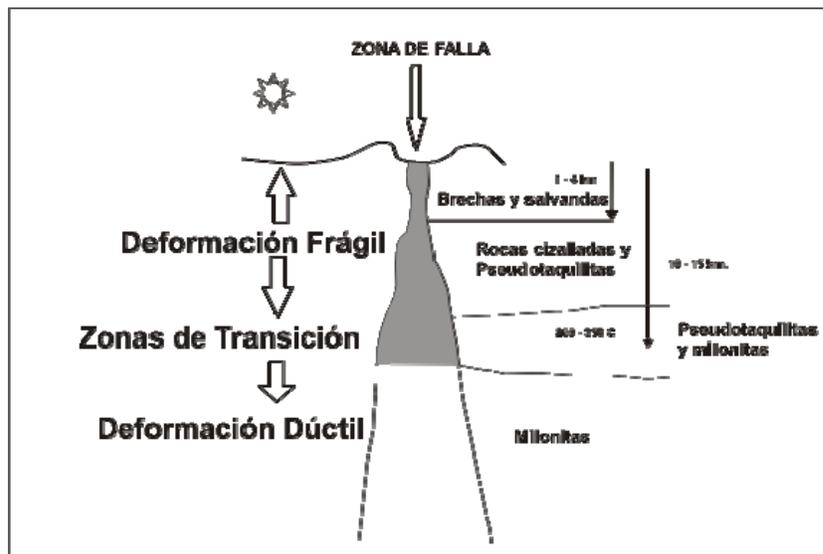
Considerando la Figura 33, en la zona de fallamiento frágil, la que puede alcanzar 3 a 4 Km. de profundidad, las condiciones de temperatura y presión no son suficientes para posibilitar la recristalización de las rocas y el mecanismo de deformación que predomina es la cataclasis (fragmentación o ruptura de la roca). Por consiguiente, la roca es fracturada desde incipiente hasta intensamente, generándose variados tipos de rocas, denominadas **cataclasitas o brechas**. Este tipo de roca o material es formado por una cantidad variable de fragmentos de granos y de litoclastos generalmente angulares cementados con fragmentos más finos (matriz) y por material proveniente de fluidos que se introducen por el plano de falla. La roca se clasifica de acuerdo a la cantidad de matriz generada durante la cataclasis en los siguientes tipos:

- **Brecha o protocataclasita:** 10 a 50% de matriz
- **Microbrecha o cataclasita:** 50 a 90% de matriz
- **Ultracataclasita o gouge (salvanda, jaboncillo o arcilla de falla):** > 90% de matriz. Este material mezclado con agua genera zonas localizadas y de poco espesor en donde aparece un material pastoso, en general semejante a una arcilla.

Materiales con contenidos de matriz <10%, son denominados simplemente como rocas fracturadas. Estas rocas aparecen en la zona más superficial de una falla o un poco alejadas de la zona de incidencia directa. Un tipo especial lo pueden constituir las denominadas *Rocas cizalladas*. Este término ambiguo se utiliza para aquellas

rocas afectadas por metamorfismo dinámico, en donde se desarrolla una estructura plana repetitiva, a nivel de afloramiento, muy similar con una esquistosidad, que las asemeja con rocas metamórficas regionales. El nivel estructural corresponde desde la zona frágil hasta la zona de transición frágil - dúctil. Esta estructura se desarrolla sobre rocas de grano fino o en rocas con estructuras planas preexistentes.

**Pseudotaquilita:** A partir de la zona de cizallamiento dúctil - frágil y hasta la zona de fallamiento frágil y por fusión local de la roca a lo largo de un plano de falla frágil, se forma una pseudotaquilita debido al calor generado por el movimiento friccional o posiblemente, en algunos casos, por cataclasis intensa. El pequeño volumen de material fundido y generado se enfría rápidamente, influenciado por la temperatura de la roca huésped, generándose finas vetas de material fino o vítreo en las cuales pueden aparecer fragmentos aislados principalmente de cuarzo y feldespato. Los contactos de la pseudotaquilita con la roca huésped son bruscos, inclusive en sección fina. Generalmente, la pseudotaquilita ocurre en rocas macizas, secas, poco porosas, como gabro, gneis y anfibolita. La zona en donde pueden ser encontradas este tipo de rocas estaría ubicada a una profundidad entre 4-15 Km. (Fig. 34).



**Figura 34: Distribución de diferentes tipos de rocas en zonas de falla, con respecto a la profundidad en la corteza terrestre. Tomado y modificado de Ordóñez (2000)**

### **Zona de fallamiento dúctil**

En la zona de cizallamiento dúctil la deformación y recuperación son altas y los procesos de recristalización y rehomogenización son los predominantes. De forma general, a este dominio se asocian rocas generadas a profundidades superiores a 10 Km. (Fig. 33). El término básico para las rocas que se generan en estas condiciones son las milonitas.

**Milonita:** es una roca dura (material consistente, competente y resistente al choque mecánico), la cual presenta una foliación al menos microscópica, de grano generalmente fino y en la cual los granos preexistentes fueron deformados y recristalizados. Frecuentemente las muestras de mano no presentan una orientación mineral marcante. Generalmente, se tiene una matriz de grano fino la cual engloba relictos mayores, fracturados y tensionados, de los granos preexistentes de minerales resistentes, como feldespatos y gránate. Estos relictos son conocidos como porfidoclastos (una milonita con porfidoclastos se genera a un nivel intermedio, en general a partir de la zona de cizallamiento que marca la transición frágil - dúctil) y la abundancia de estos en una roca define el tipo de milonita, así:

- **Protomilonita:** hasta 50% de matriz
- **Ortomilonita:** de 50 a 90% de matriz
- **Ultramilonita:** > 90% de matriz.

Considerando, que las rocas miloníticas representan ambientes profundos, o sea, se formaron a profundidades >10 Km., la presencia de estas es importante para eventuales evaluaciones del levantamiento - erosión de una región o bien indican movimientos considerables en la vertical dentro de una zona de falla.

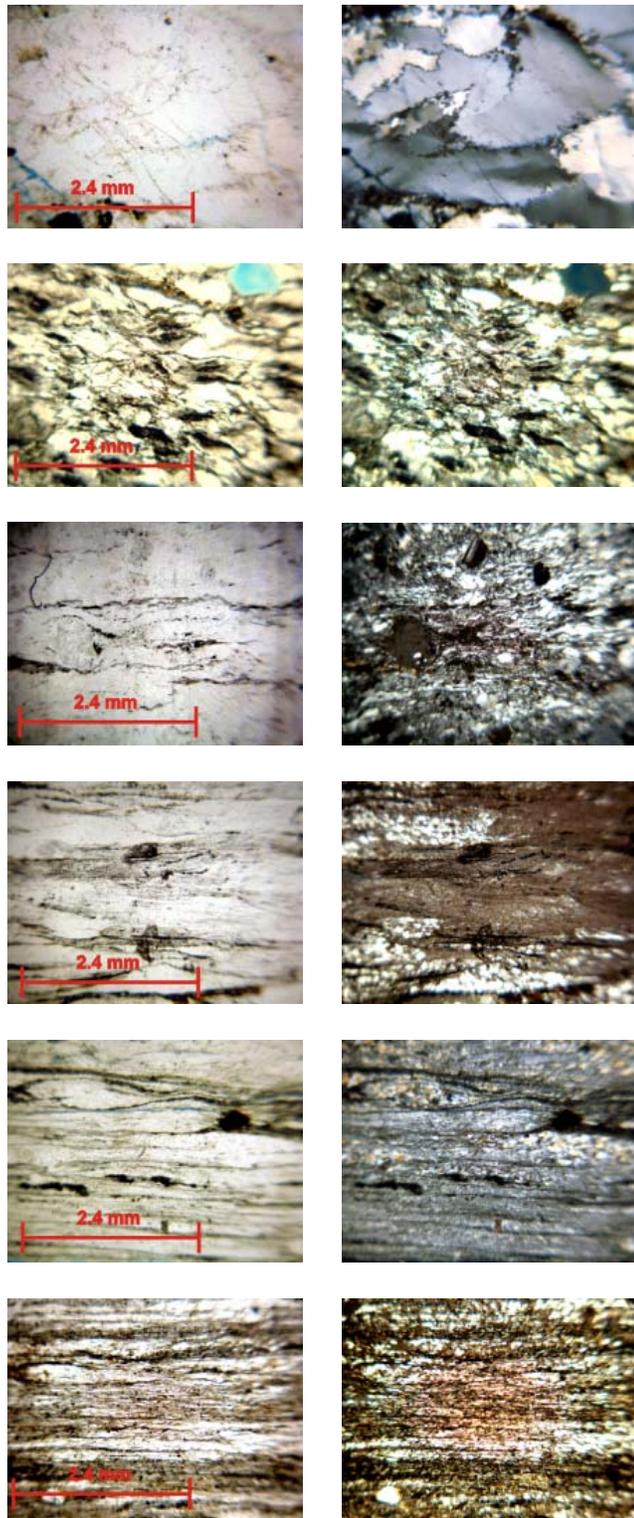
La transición entre la zona de dominio frágil a dúctil es generalmente gradual, y es llamada zona de transición (Fig. 33). En contraste, la transición entre un régimen que

podríamos denominar semi - frágil y el dominio enteramente frágil, donde son formadas las brechas y la salvanda, es relativamente brusca, no obstante, no debe ser imaginada como un plano claramente definido en la corteza. Dentro de cualquier segmento de la litosfera y mismo dentro de una zona de cizalla de fuerte inclinación, la transición ocurrirá en una zona de geometría compleja. Si la zona de cizallamiento se extiende a través de una sección considerable de la corteza, rocas de dominio frágil y dúctil pueden ser formadas. De la misma forma en una zona de cizallamiento la introducción de fluidos favorece la reacción y formación de nuevos minerales, con lo que la presencia de asociaciones y texturas inusuales se ve favorecida en este ambiente.

#### 4.2.6. Evolución de la deformación

Como una manera de visualizar el cambio que ha sufrido la Metatrondhjemita de Matasiete como consecuencia de los eventos tectónicos acaecidos en la zona, corrimiento y Fallamiento (Falla de Matasiete), se realizó una evolución de la deformación las cuales se visualizaron en sección fina.

En las secciones finas estudiadas se observa un cambio que va de textura quasi - ígnea-plutónica a ultramilonita. Esta secuencia evolutiva de menor a mayor deformación se aprecia en las muestras: MS-23, MS-18, MS-10, MS-09, MS-61, MS-44, MS-32, MS-54, MS-59, MS-45. (Fig. 35).



**Figura 35: Evolución de la deformación donde se observa el cambio textural de las muestras MS-23, MS-10, MS-61, MS-32, MS-59 y MS-45**

## CAPÍTULO V

### 5. PETROGRAFÍA Y METAMORFISMO

#### 5.1 Petrografía

Se realizaron un total de 14 petrografías, de las cuales 9 corresponden a muestras pertenecientes a la Metatrondhjemitita de Matasiete, 2 muestras corresponden a las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí, 2 a la Asociación Metamórfica Juan Griego y 1 muestra corresponde a un enclave ubicado en la Metatrondhjemitita de Matasiete.

##### 5.1.1 Serpentinitas Complejo Metaofiolítico Paraguachí

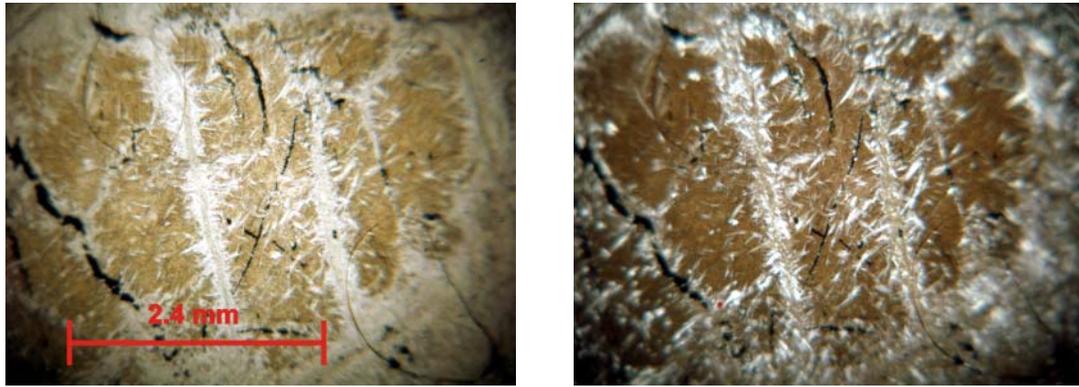
En la tabla 9 se presenta un resumen de la mineralogía de las muestras recolectadas a las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí.

**Tabla 9: Resumen de la mineralogía de las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí**

Tipo litológico	Valor	% Antigorita	% magnetita	% talco	% esfena	% epidoto
S.C.M.P.	Promedio	95	1,25	12,5	1,25	5
	Mínimo	91	0,5	0	0,5	5
	Máximo	99	2	25	2	5

##### 5.1.1.1 Descripción mineralógica

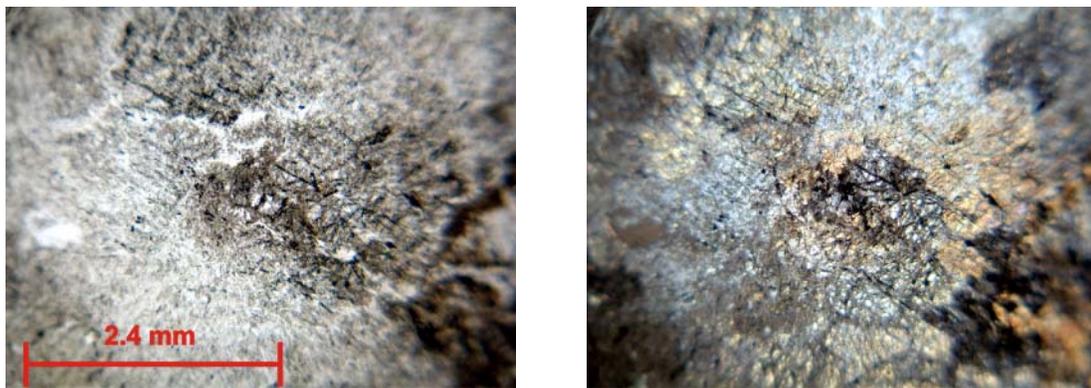
Antigorita: Es el único mineral del grupo de la serpentina que se encuentra, incolora, de hábito fibroso y acicular. Fig. 36.



**Figura 36: Microfotografía de Antigorita en MS-30. A: nicoles paralelos. B: nicoles cruzados (Objetivo 4/0.12 y ocular 12.5 X)**

Talco: De hábito acicular, presenta alta birrefringencia.

Epidoto: De color pardo verdoso, se encuentra fracturado y éstas se encuentran rellenas de talco. En algunas muestras asociado a los minerales micáceos para formar bandas en sentido de la foliación, relleno de fracturas y venas y como constituyente principal en epidocita (MS-37). Figura 37.



**Figura 37: Microfotografía del aspecto de MS-63. A: nicoles paralelos. B: nicoles cruzados (Objetivo 4/0.12 y ocular 12.5 X)**

### 5.1.2 Asociación Metamórfica Juan Griego

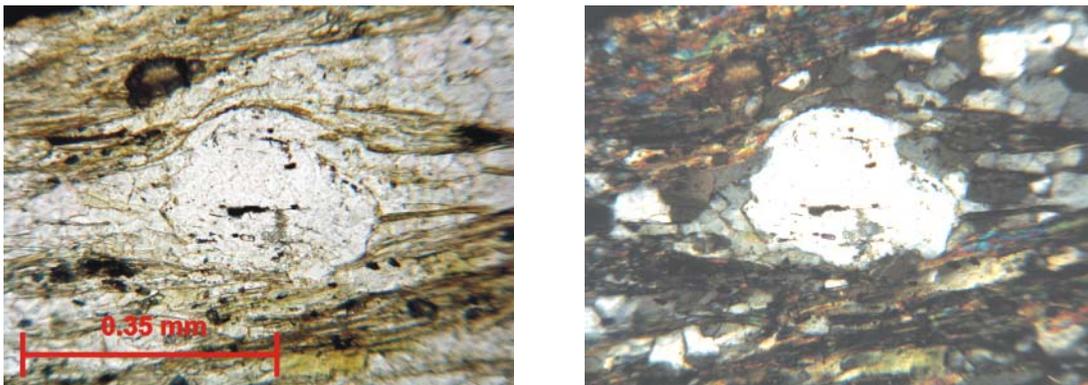
En la tabla 10 se presenta un resumen de la mineralogía de las muestras pertenecientes a la Asociación Metamórfica Juan Griego. Resumen de la mineralogía de la Asociación Metamórfica Juan Griego.

**Tabla 10: Resumen de la mineralogía de la Asociación Metamórfica Juan Griego.**

Tipo litológico	Valor	% muscovita	% clorita	% estilpnomelana	% epidoto	% actinolita	% caolinita	% Plagioclasa	% Cuarzo
A.M.J.G	Promedio	7	4,5	7	38,5	1,5	1,5	3,5	40
	Mínimo	4	3	7	7	0	0	2	15
	Máximo	10	6	7	70	3	3	5	65

#### 5.1.2.1 Descripción mineralógica

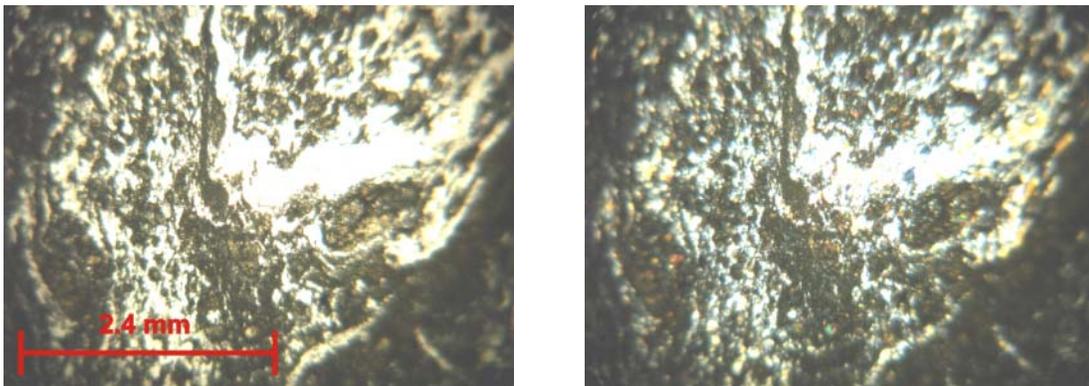
Cuarzo: incoloro, con extinción ondulatoria. En algunas muestras se presenta policristalino, o como bandas discontinuas en sentido de la foliación. Se encuentra como porfidoclasto asociado a sombras de presión y como constituyente de los micropliegues encontrados en la epidocita (MS-37). Ver figura 38.



**Figura 38: Fotomicrografía de Cuarzo asociado a sombra de presión. Muestra MS-45 A: nicoles paralelos. B: Nicles cruzados (Objetivo 25/0.55 y ocular 12.5 X).**

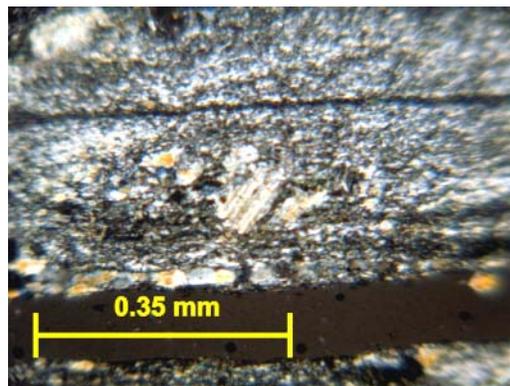
Muscovita: incolora, subhedral, tabular y fibrosa, de variedad fengita. Se encuentra distribuida entre algunos granos de cuarzo formando las colas en las sombras de presión.

Epidoto: De color pardo verdoso, se encuentra en algunas muestras asociado a los minerales micáceos para formar bandas en sentido de la foliación, rellenando fracturas y venas y como constituyente principal en epidocita (MS-37). Figura 39.



**Figura 39: Microfotografía de Epidocita (MS-37). A: nicoles paralelos. B: nicoles cruzados (Objetivo 4/0.12 y ocular 12.5 X)**

Plagioclasa: Se encuentra como mineral accesorio, como porfidoclastos altamente deformados y alterados a sericita. Fig.40.



**Figura 40: Microfotografía de porfidoclasto de plagioclasa (MS-45). A: nicoles paralelos. B: nicoles cruzados (Objetivo 25/0.55 y ocular 12.5 X)**

Actinolita: De color verde claro, pleocroismo débil. De hábito tabular, astillosa se presenta como mineral accesorio.

Clorita: de color verde en varias tonalidades, con pleocroismo débil. De hábito micáceo y se encuentra formando las colas en las sombras de presión.

Estilpnomelana: De color naranja pálido, pleocroismo débil. De hábito tabular, astillosa. Se encuentra asociada al cuarzo.

### 5.1.2 Metatrandhjemita de Matasiete

En la tabla 11 se presenta un resumen de la mineralogía de las muestras tomadas en la Metatrandhjemita de Matasiete.

**Tabla 11: Resumen de la mineralogía de la Metatrandhjemita de Matasiete**

Tipo litológico	Valor	% muscovita	% clorita	% estilpnomelana	% epidoto	% actinolita	% caolinita	% Plagioclasa	% Cuarzo
M.MS	Promedio	22,89	0,78	1,50	3,22	2,11	1,78	29,56	38,33
	Mínimo	11	0	1,00	2,00	2,00	0,00	10,00	25,00
	Máximo	42	2	2	5	3	4	45	66

Las texturas encontradas en estas rocas se resumen en la tabla 12, se puede observar que predominan las texturas cataclásticas, lo que hace que las muestras también exhiban textura esquistosa, como producto del cizallamiento que han tenido.

**Tabla 12: Tabla resumen de texturas de las rocas de la Metatrandhjemita de Matasiete.**

MUESTRAS	FOLIADAS	CATACLÁSTICAS
MS-09	Gneisica	
MS-10	Granoblástica	
MS-18	Granoblástica	
MS-23	Granoblástica	
MS-32	Esquistosa	Protomilonita
MS-44	Esquistosa	Protomilonita
MS-54	Esquistosa	Ortomilonita
MS-59	Esquistosa	Ultramilonita
MS-61	Gneisica	Protomilonita

### 5.1.2.1 Descripción mineralógica

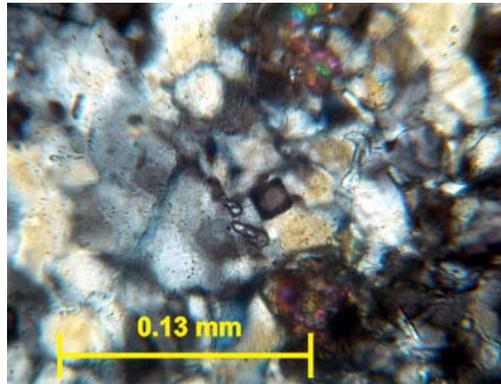
Plagioclasa: es el mineral más abundante, se presenta incolora, en nicoles cruzados se aprecian las maclas, se exhiben anhedrales y hasta subhedrales. Se encuentra alterando a sericita. Algunas están fracturadas, plegadas y con extinción ondulatoria como producto de la deformación cataclástica, esto puede observarse en la figura 41.



**Figura 41: Fotomicrografía de plagioclasa fracturada. Muestra MS-09 bajo nicoles cruzados (Objetivo 4/0.12 y ocular 12.5X).**

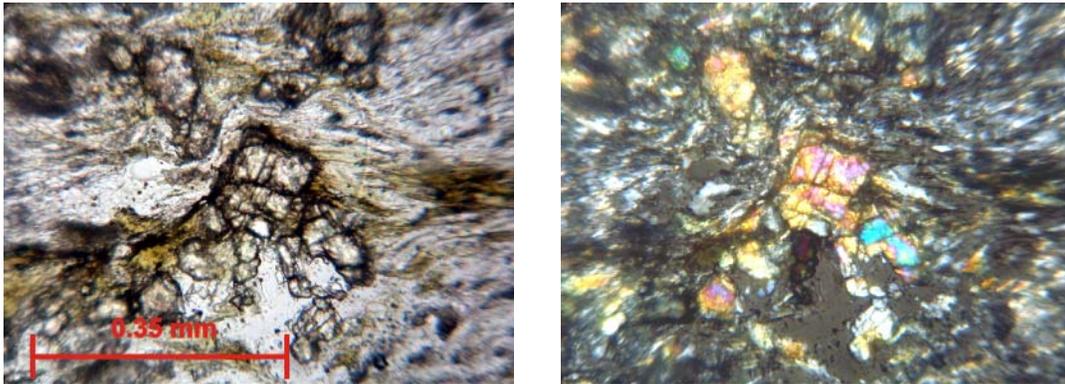
Muscovita: incolora, subhedral, tabular y fibrosa, de variedad fengita. Se encuentra distribuida entre algunos granos de cuarzo como producto de alteración de la plagioclasa.

Cuarzo: incoloro, con extinción ondulatoria. En algunas muestras se presenta policristalino, o como bandas discontinuas en sentido de la foliación. Se encuentra asociado a apatito, esfena, y epidoto. Los bordes son suturados. En las muestras mas deformadas forma “cintas de cuarzo”. Fig. 42.



**Figura 42:** Fotomicrografía de cristales policristalinos de cuarzo donde se aprecia un cristal de esfena. Muestra MS-18 bajo nicoles cruzados (Objetivo 63/0.85 y ocular 12.5 X).

Epidoto: de color pardo verdoso, se encuentra en algunas muestras asociado a los minerales micáceos para formar bandas en sentido de la foliación también se encuentra rellenando fracturas y venas. Figura 43.



**Figura 43:** Epidoto en MS-09. Nicoles cruzados (Objetivo 10/0.25 y ocular 12.5 X)

Actinolita: De color verde claro, pleocroismo débil. De hábito tabular, astillosa.

Clorita: de color verde en varias tonalidades, con pleocroismo débil. De hábito micáceo. Fig.44.

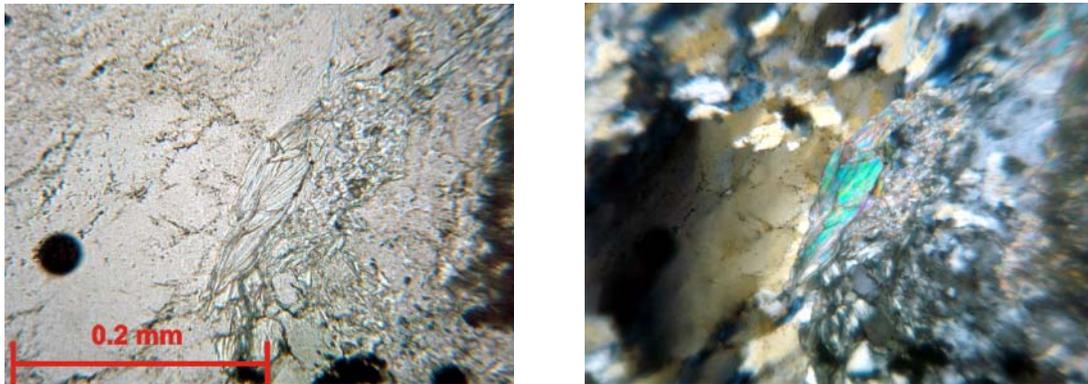


Figura 44: Clorita. ojetivo 40/0.85 y ocular 12.5 X) A: Nicoles Paralelos. B: Nicoles cruzados

Estilpnomelana: De color naranja pálido, pleocroismo débil. De hábito tabular, astillosa. Se encuentra asociada al cuarzo. Figura 45.

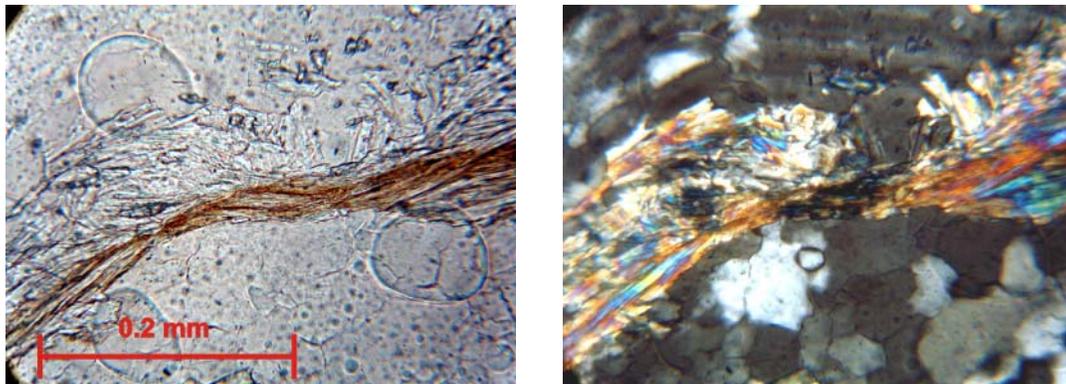
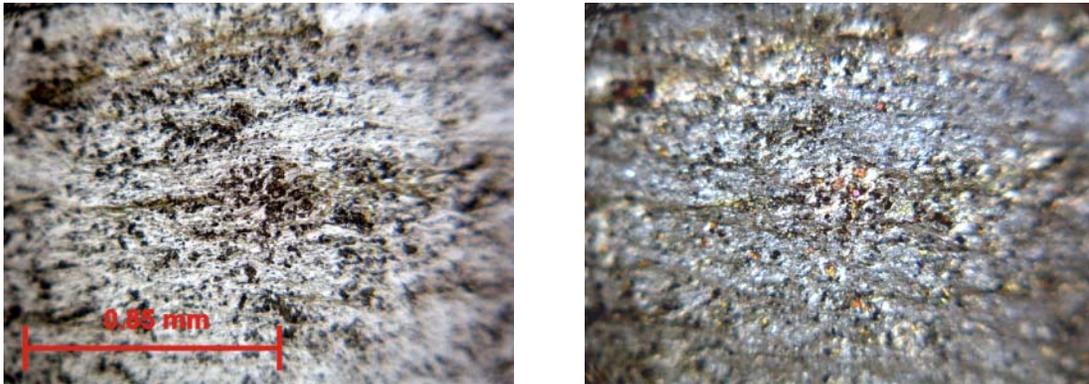


Figura 45: Fotomicrografía de Estilpnomelana asociada a cuarzo. Muestra MS-09 A: nicoles paralelos. B: Nicoles cruzados (Objetivo 40/0.85 y ocular 12.5 X).

Además de las muestras recolectadas se encontró un enclave cuya composición mineralógica se muestra en la tabla 13. Este enclave presenta arreglo mineral, sin llegar a tener textura esquistosa. Los minerales que lo forman son de grano fino. En la figura 46 se muestra una microfotografía mostrando el aspecto de dicho enclave.

**Tabla 13: Mineralogía de un enclave encontrado en la Metatrondhjemita de Matasiete**

Tipo litológico	% muscovita	% clorita	% estilpnomelana	% epidoto	% actinolita	% caolinita	% Cuarzo
ENCLAVE	7	5	7	37	3	3	38



**Figura 46: Aspecto de enclave en la Metatrondhjemita de Matasiete. MS-04. A: nicoles paralelos. B: Nicoles cruzados (Objetivo 10/0.25 y ocular 12.5 X)**

## 5.2 METAMORFISMO

Tomando en cuenta las diferentes asociaciones mineralógicas presentes en las rocas que afloran en el área de estudio se analizan las condiciones de presión y temperatura que existieron durante el metamorfismo.

De acuerdo a la composición química del protolito, se subdividieron las unidades litológicas estudiadas en 4 tipos de rocas, los cuales se enumeran a continuación

- Rocas cuarzo – feldespáticas: Contenido mayor a 30% de cuarzo + feldespato. Se distinguen dos tipos de acuerdo al origen.

Rocas Cuarzo – feldespáticas de origen ígneo

Rocas Cuarzo – feldespáticas de origen sedimentario

- Rocas pelíticas: Contenido mayor a 30% de filosilicatos
- Rocas Ultramáficas: mayor a 90% de minerales máficos

Se tomara en consideración el concepto de facies definido por Eskola (1939) en Winkler (1978), como indicador de temperatura. A su vez, cada facies se ha subdividido en subfacies, de acuerdo a Winkler (1967) y en zonas según Miyashiro (1973) y Turner (1981).

Para establecer las condiciones de presión durante el metamorfismo que afectó las rocas estudiadas se utilizó el sistema en base a las series de presión de Miyashiro (1973).

### 5.2.1 FACIES METAMÓRFICAS:

Para considerar las condiciones de metamorfismo se analizaran las unidades litológicas y sus asociaciones mineralógicas para así llegar a su facies.

- Rocas cuarzo – feldespáticas: en este tipo de rocas, ya sean las de origen ígneo (Metatrandhjemita de Matasiete) o las de origen sedimentario (enclave en la Metatrandhjemita de Matasiete) se reconocen las siguientes asociaciones:

Cuarzo – oligoclasa – epidoto – muscovita – clorita – estilpnomelana – esfena.

De acuerdo a estas asociaciones, las rocas de esta unidad se vieron afectadas por un metamorfismo de la facies de los esquistos verdes tipo Barroviano, subfacies Cuarzo – albita – muscovita – clorita según Winkler (1967).

Según la zonación propuestas por Turner (1981) estas rocas están en la zona de la clorita, lo cual coincide con Miyashiro (1973).

- Rocas pelíticas: en este tipo de rocas se reconocen las siguientes asociaciones:

Cuarzo – Clorita – muscovita – plagioclasa – epidoto – estilpnomelana.

Estas rocas presentan asociaciones minerales propias de la facies de los esquistos verdes tipo Barroviano.

- Rocas Ultramáficas: mayor a 90% de minerales máficos.

Antigorita – talco – cuarzo – esfena – clorita – epidoto.

Estas asociaciones indican un metamorfismo en el rango de la facies de los esquistos verdes tipo Barroviano. Correspondiente en su mayoría a la subfacies Cuarzo – albita-muscovita – clorita, zona de la clorita.

De acuerdo a lo propuesto por Miyashiro, estas rocas sufrieron un gradiente geotérmico intermedio, con una presión entre los 4 Kb y 6 Kb, y una temperatura entre 400 – 500 °C.

## CAPÍTULO VI

### 6 ANÁLISIS QUÍMICOS

#### 6.1 Generalidades

Con el objeto de obtener la caracterización geoquímica de las rocas que afloran en el área de estudio, se analizaron 31 muestras a las cuales se les determinó la concentración de 8 elementos mayoritarios en forma de óxidos.

La localización de las muestras analizadas se observa en el mapa de distribución de análisis químicos (Anexo 2) y su composición en base a los elementos mayoritarios se indica en la tabla 14.

**Tabla 14: Resultados análisis químicos de un grupo de muestras recolectadas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la región Guaramé – Sabana de Guacuco.**

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
MS-02	5,40	0,73	10,12	71,71	0,42	1,97	0,62	2,64
MS-06	5,47	0,68	14,93	72,30	0,59	2,68	0,58	2,26
MS-07	5,82	0,90	16,51	70,56	0,69	2,34	0,66	2,77
MS-08	5,41	1,16	14,15	72,23	0,08	1,60	0,68	2,67
MS-12	6,08	1,16	10,02	73,16	0,01	0,87	0,36	0,75
MS-13	5,22	0,94	12,46	71,76	0,06	2,12	0,68	2,80
MS-14	4,46	0,61	13,92	72,44	2,02	1,91	0,65	2,47
MS-16	4,71	1,20	14,46	70,73	0,37	2,82	0,67	2,71
MS-17	4,54	1,07	12,42	71,39	1,17	1,57	0,67	2,74
MS-18	5,59	0,92	15,30	70,65	0,36	2,59	0,69	2,81
MS-20	6,21	0,65	15,75	71,14	0,22	2,71	0,61	2,68
MS-21	5,70	0,62	14,44	72,43	0,62	2,17	0,58	2,48
MS-22	5,39	0,40	12,32	71,84	1,07	1,28	0,43	1,65
MS-23M	4,22	0,84	13,55	71,37	1,71	2,45	0,73	2,59
MS-26	6,44	0,11	10,66	72,44	0,00	0,00	0,31	0,55
MS-28	4,01	0,93	12,41	71,68	1,05	2,17	0,64	2,75
MS-29	3,88	0,89	11,06	71,95	0,96	1,04	0,84	3,05
MS-31	4,66	1,01	16,36	70,88	2,01	2,52	0,69	2,81
MS-32	5,13	0,91	14,35	71,47	0,69	2,17	0,63	3,09
MS-33	5,39	0,63	12,95	72,44	0,62	2,28	0,62	2,21
MS-34	3,99	1,00	13,16	70,78	1,19	2,92	0,87	3,38
MS-35	3,90	0,98	12,93	72,05	1,92	2,51	0,64	2,72
MS-38	3,82	1,23	12,39	71,19	1,66	3,24	0,79	3,53
MS-39	3,65	1,19	13,73	71,33	1,25	2,21	0,87	3,85
MS-40M	5,11	0,91	15,32	71,28	1,26	2,21	0,80	3,30
MS-42	5,68	1,07	14,99	71,50	0,82	3,29	0,77	3,53
MS-48	5,13	0,41	15,21	71,59	1,36	1,34	0,54	1,94
MS-49	4,06	0,78	10,24	72,40	0,65	2,54	0,68	2,64
MS-51	4,82	1,15	13,17	70,93	0,62	4,21	1,01	4,05
MS-53	2,53	0,67	18,67	70,36	1,08	5,64	0,83	7,21
MS-55M	5,17	0,62	17,58	71,25	1,38	2,40	0,81	3,17

## 6.2. Caracterización Geoquímica

Las rocas ígneas se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo a su contenido de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ), estos grupos son las series de las rocas alcalinas y la de las rocas subalcalinas. La división entre los dos grupos se hace en un diagrama binario donde se grafica el contenido de álcalis versus el contenido de sílice.

Con el fin de determinar el grado de alcalinidad de las rocas estudiadas se elaboró un gráfico de los contenidos de álcalis versus el contenido de sílice, el cual se muestra en la figura 47.

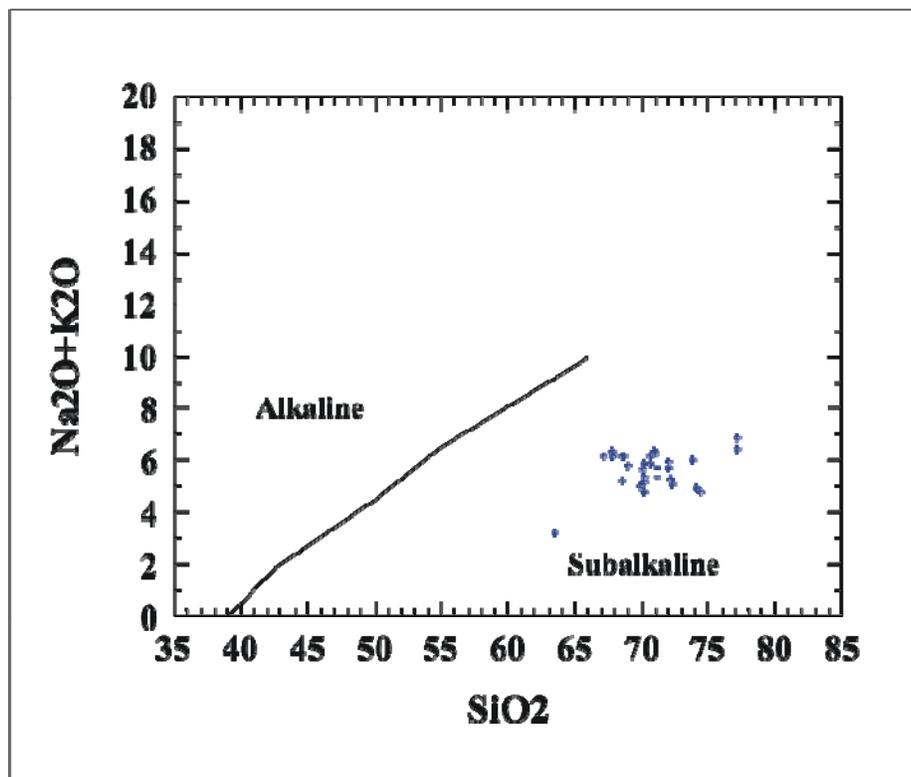
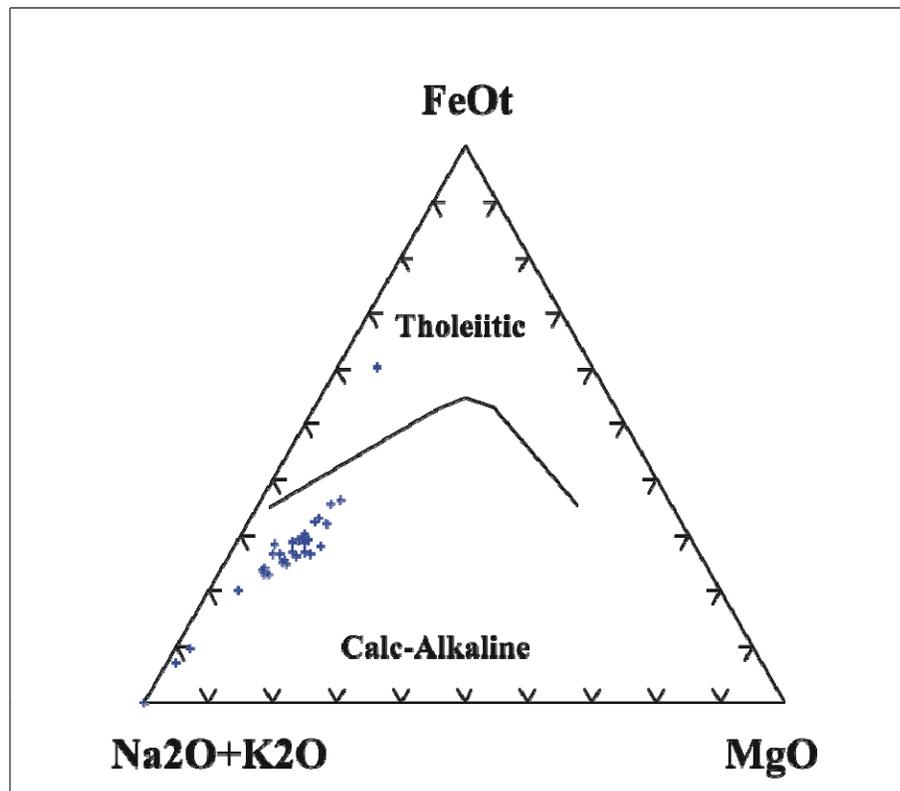


Figura 47: Diagrama tipo Harker  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  según Irvine & Baragar 1971, Donde se destaca la afinidad subalcalina de las rocas de un grupo de muestras recolectadas en la Metatromdhjemita de Matasiete en la región Guarame – Sabana de Guacuco.

Como se puede observar en la figura 47, la totalidad de las muestras se ubican en el campo de las rocas subalcalinas destacándose que las muestras no presentan una variación significativa en el contenido tanto de álcalis como de sílice, es decir, el

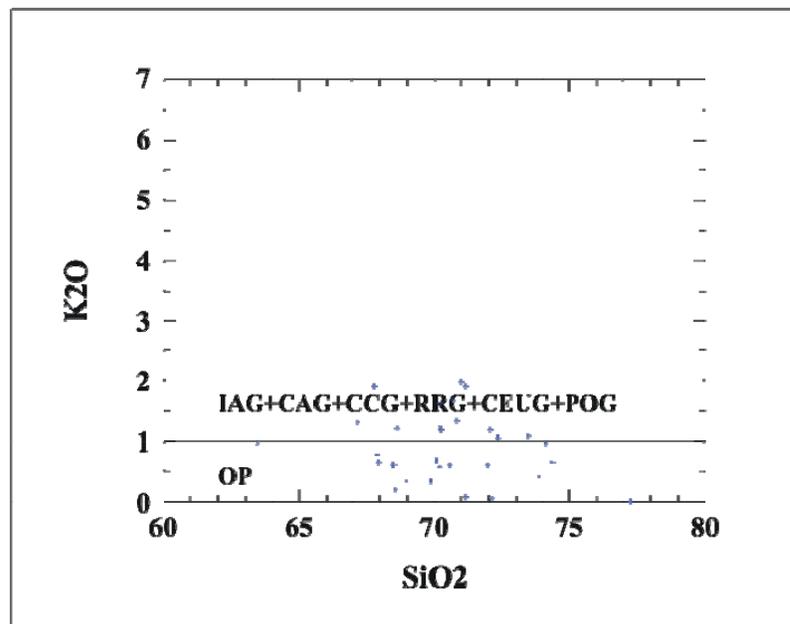
contenido de álcalis y de  $\text{SiO}_2$  se mantiene relativamente constante en toda la zona de estudio.

En la figura 48 se graficó un diagrama ternario para discriminar entre series tholeíticas y calco alcalinas para las muestras estudiadas, estos diagramas fueron propuestos por Irvine & Baragar (1971) para separar los distintos ambientes tectónicos en que pueden originarse las rocas. En este grafico se observa que estas rocas poseen una mineralogía que se ajusta con el campo de las rocas de las series calcoalcalinas, a excepción de una muestra que se ubica en el campo de las series tholeíticas. Esto se debe a una cantidad mayor de hierro en la muestra, lo cual puede ser consecuencia de epidotización por acción hidrotermal, producto de la falla de Matasiete la cual se encuentra muy cercana.



**Figura 48: Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) de un grupo de muestras recolectadas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la región Guarame – Sabana de Guacuco. Donde se muestra la tendencia calcoalcalina de las muestras.**

Con el objeto de discriminar el ambiente tectónico donde se originaron estas rocas se utilizan tanto óxidos mayoritarios como algunos elementos trazas tales como Rb, Y, Nb. Entre los diagramas que utilizan óxidos mayoritarios se encuentran los propuestos por Maniar & Picoli 1989 donde se muestra la variación de Diagrama  $K_2O - SiO_2$  (Figura 49),  $FeOt / (FeOt + MgO)$  vs.  $SiO_2$ . Para hacer la distinción de los ambientes tectónicos asociados a estas rocas de acuerdo al comportamiento de los elementos trazas se utilizaron los resultados de los trabajos de NAVARRO (1987) y NAVARRO y OSTOS 1997. Ya que para este trabajo no se realizaron análisis de elementos minoritarios.

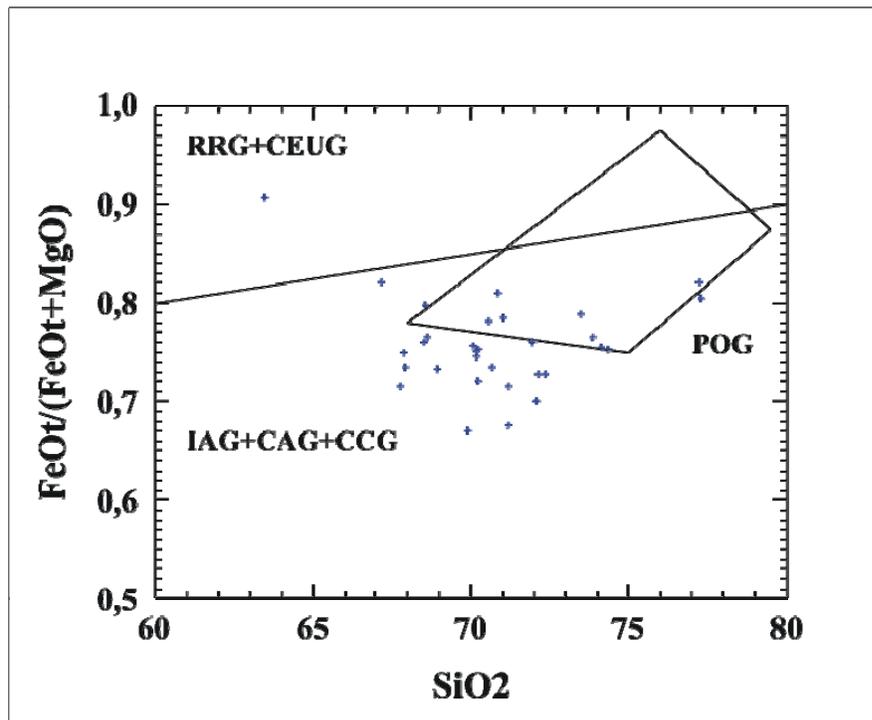


**Figura 49: Diagrama  $K_2O - SiO_2$  propuesto por Maniar & Picoli 1989 IAG: granitoides de arco de islas. CAG: Granitoides de arco continental. CCG: Granitoides de colisión continental. RRG: Granitoides relacionados con rift. CEUG: granitoides de levantamiento continental epirogénico. POG: granitoides post-orogénicos. OP: Plagiogranitos oceánicos**

En este diagrama se puede apreciar que un 75 % de las muestras se encuentran en el campo de los plagiogranitos oceánicos. Además de este diagrama se utilizó el diagrama propuesto igualmente por Maniar & Picoli 1989 el cual discrimina entre granitoides de arco de islas, granitoides de arco continental, granitoides de colisión

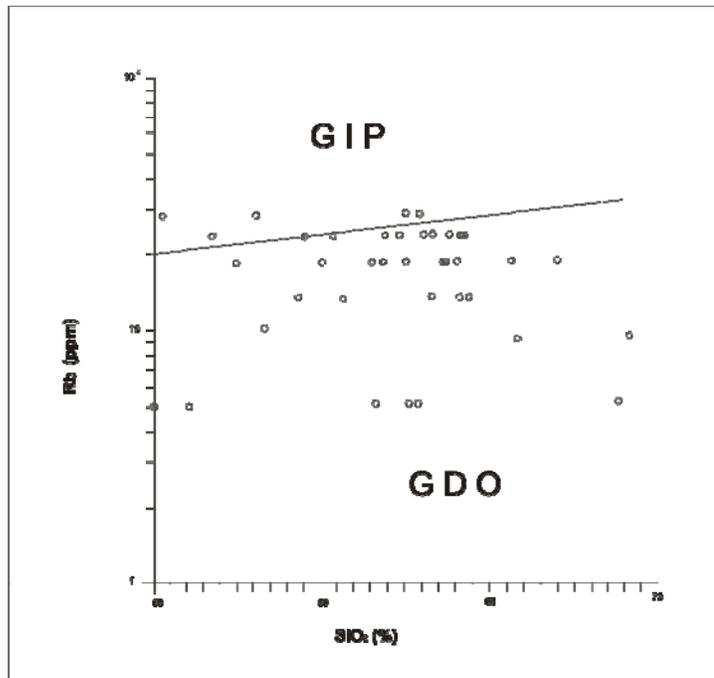
continental, granitoides relacionados con rift, granitoides de levantamiento continental epirogénico y granitoides post-orogénicos (Figura 50).

Se observa que las muestras se distribuyen principalmente en el campo de granitoides de arco de islas, granitoides de arco continental, granitoides de colisión continental, y granitoides post-orogénicos, mostrando menor tendencia hacia los granitoides post orogénicos.



**Figura 50: Diagrama  $\text{FeOt} / (\text{FeOt} + \text{MgO}) - \text{SiO}_2$  propuesto por Maniar & Piccoli 1989. IAG: granitoides de arco de islas. CAG: Granitoides de arco continental. CCG: Granitoides de colisión continental. RRG: Granitoides relacionados con rift. CEUG: granitoides de levantamiento continental epirogénico. POG: granitoides post-orogénicos.**

Los diagramas más determinantes para discriminar entre los distintos ambientes tectónicos son los diagramas de variación con respecto al  $\text{SiO}_2$  de los diferentes elementos traza. En las figuras 51 a 55 se muestran algunos diagramas de discriminación



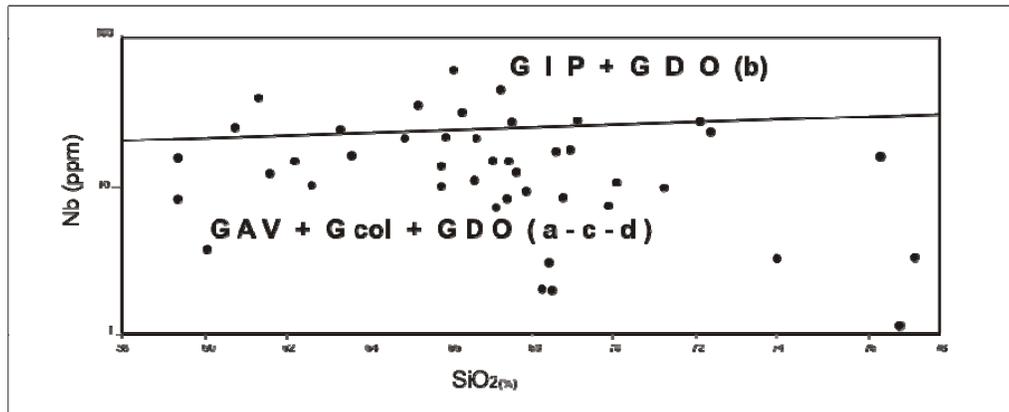
**Figura 51: Diagrama de variación de Rb vs. SiO<sub>2</sub>.  
Tomado de Navarro (1987).**

El diagrama mostrado en la figura 51 permite hacer una distinción entre los granitos del interior de placas (GIP) de los granitos e dorsales oceánicas (GDO), esta discriminación se basa en el hecho de que le magma original puede provenir de un manto empobrecido para el caso de los granitos de dorsal oceánica (GDO) seguido quizás de una perdida de Rb durante la evolución de ese mismo magma, por el contrario, los granitos del interior de placa (GIP) podrían provenir de fuentes enriquecidas del manto, (NAVARRO, 1987). Se puede observar que aproximadamente el 90% de las muestras se ubican en el campo correspondiente a los granitos de dorsal oceánica (GDO).

En la figura 52, la variación de Nb versus SiO<sub>2</sub> permite hacer una discriminación más detallada que la mostrada en el gráfico anterior, ya que además de los granitos del interior de placas (GIP) se ubican también los granitos de dorsal oceánica anormal no inducida por subducción (GDO<sub>B</sub>), mientras que en el otro campo que aparece en este

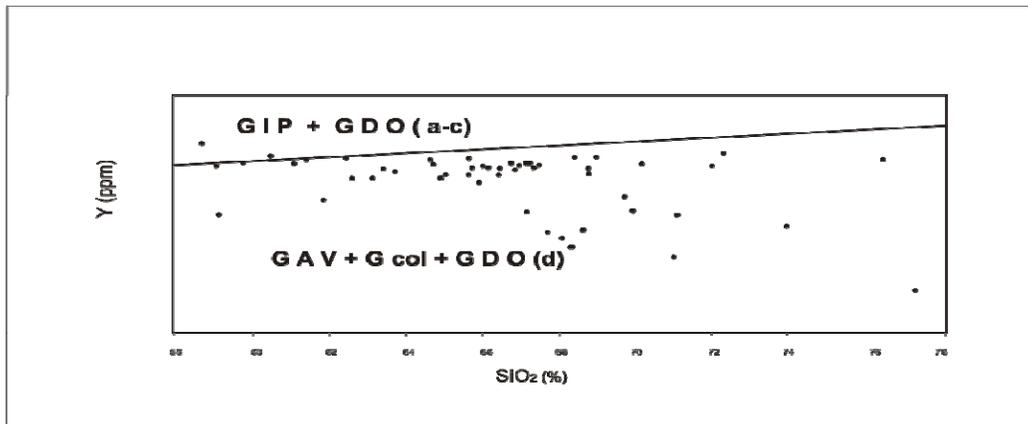
diagrama se grafican el resto de los granitos de dorsal oceánica ( $GDO_{A,C,D}$ ), los colisionales ( $G_{col}$ ) y los de arco volcánico (GAV), (NAVARRO Y OSTOS 1997).

Se observa que la mayoría de las muestras se encuentran en el campo correspondientes a los granitos de dorsal oceánica ( $GDO_{A,C,D}$ ), los colisionales y los de arco de islas.



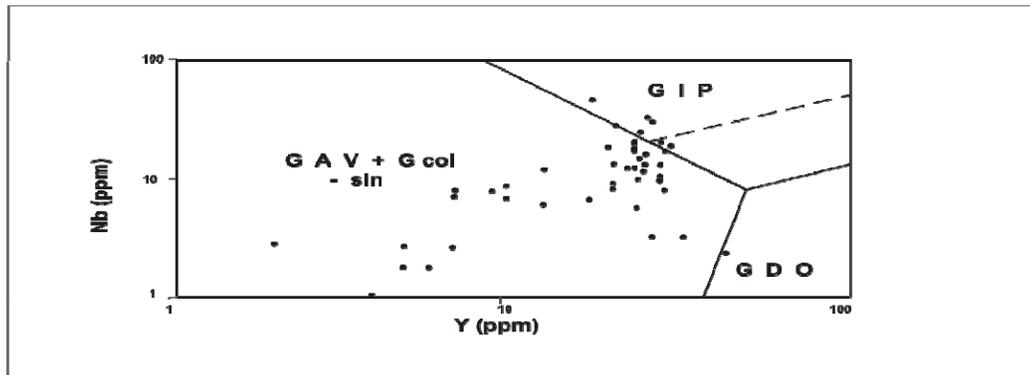
**Figura 52: Diagrama de Nb vs.  $SiO_2$ .**  
Tomado de Navarro y Ostos (1997).

Para poder restringir más el tipo de dorsal oceánica donde se originaron estas rocas se utilizan el diagrama de discriminación que se muestra en la figura 53, donde se presenta la variación respecto al  $SiO_2$  del Y, se observa que las muestras se ubican en el campo que corresponde a los granitos generados en una dorsal del tipo anormal inducida por subducción ( $GDO_D$ ), granitos de arco volcánico (GVA) y colisionales ( $G_{col}$ ).

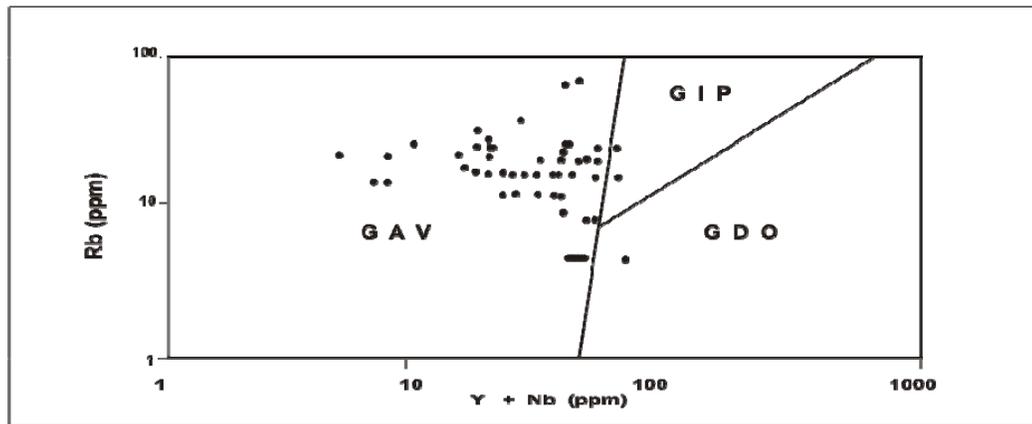


**Figura 53: Diagrama de Y vs. SiO<sub>2</sub>**  
**Tomado de Navarro y Ostos (1997)**

En las figuras 54 y 55 se muestran los gráficos binarios (Nb vs. Y) y (Rb vs. Nb + Y). en ambas figuras se observa que los datos se restringen preferentemente al campo de los granitos de arco volcánico (GAV), lo cual estaría en contraposición a lo observado en las figuras 51, 52 y 53. Esto hace pensar en algún tipo especial de granito, el cual lo expresado por Pearce *et al.* (1984) debe haberse generado en una dorsal inducida por subducción, el cual difícilmente puede distinguirse de aquellos originados en arcos tholeiíticos oceánicos (NAVARRO Y OSTOS 1997).



**Figura 54: Diagrama de Nb vs. Y.**  
**Tomado de Navarro y Ostos (1997)**



**Figura 55: Diagrama de Rb vs. SiO<sub>2</sub>. Tomado de Navarro y Ostos (1997)**

El comportamiento de los elementos mayoritarios en las rocas máficas asociadas a las rocas trondhjemiticas parece definir un lugar tectónico de origen diferente al propuesto por Ostos (1990), el cual postulaba que las trondhjemitas, junto con las rocas ultramáficas de composición harzburgíticas y las rocas anfibolíticas, constituyen lo que posiblemente corresponde a un complejo ofiolítico desmembrado.

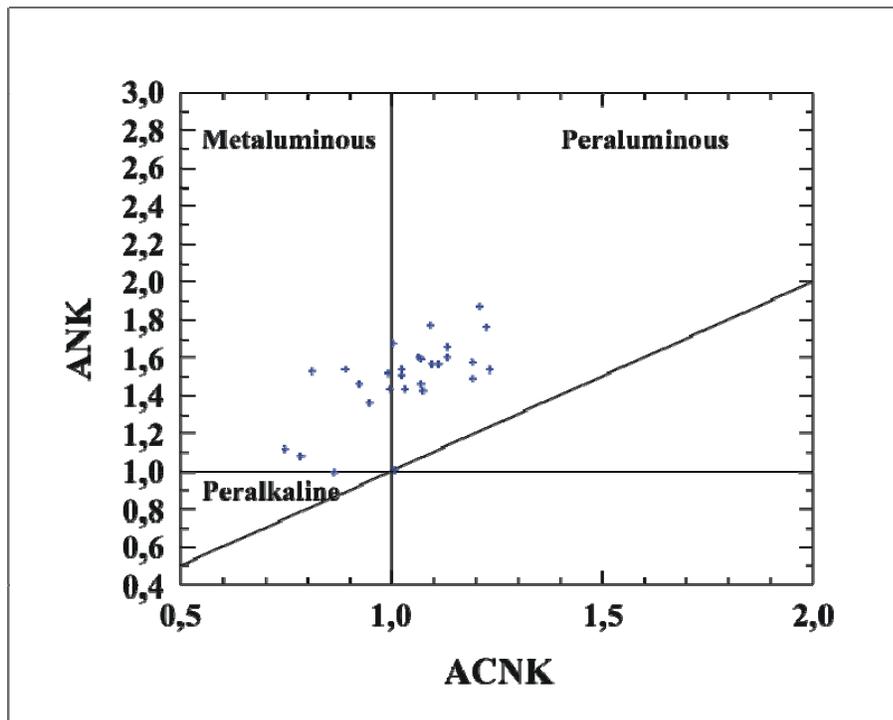
Pero la caracterización geoquímica que se logra a través de los elementos traza como Rb, Nb e Y parece indicar un lugar tectónico de origen diferente, relacionado posiblemente a un arco volcánico.

La mayoría de los complejos ofiolíticos mejor preservados en cadenas orogénicas son de un tipo originado en dorsales originadas por expansión del piso oceánico sobre zonas de subducción PEARCE *et al.* (1983) en NAVARRO Y OSTOS (1997).

Estas ofiolitas poseen características geoquímicas similares a las de rocas generadas en arcos volcánicos, pero su estructura es típica de corteza oceánica y de acuerdo con PEARCE *et al.* (1983) en NAVARRO Y OSTOS (1997). La gran mayoría de estas ofiolitas se formaron durante las etapas iniciales de la subducción justamente antes del desarrollo del arco volcánico.

Esto permite relacionar el ambiente tectónico de estas rocas con la extensión más meridional del arco de islas Proto – Caribe, emplazado posteriormente en su lugar actual mediante una migración al este del terreno transpresivo a lo largo del norte de Suramérica. (OSTOS, 1990; GUTH Y AVE LALLEMANT, 1991 en NAVARRO Y OSTOS 1997).

Para determinar si las muestras son metalumínicas, peralcalínicas o peralumínicas se utilizó el gráfico propuesto por Maniar & Picoli 1989 (figura 56) donde se muestra la tendencia peralumínica de las muestras, pero con un número considerable de muestras en el campo metalumínicas.



**Figura 56: Diagrama ANK – ACNK propuesto por Maniar & Picoli 1989 donde se observa que la tendencia principal de las rocas de un grupo de muestras recolectadas en la Metatrondhjemita de Matasiete en la región Guaramé – Sabana de Guacuco es Peralumínica. (A: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. C:CaO. N:Na<sub>2</sub>O. K:K<sub>2</sub>O)**

### **6.3. Minerales Normativos**

Con el objeto de obtener un estimado del contenido mineralógico de las muestras se calculó el porcentaje de minerales normativos presente en las mismas. Este procedimiento se realizó según la hoja de cálculo creada por Kurt Hollocher, de Geology Department, Union College, Schenectady, NY.

Este procedimiento se basa en el cálculo aproximado de la composición mineralógica siguiendo las normas de la naturaleza, obteniéndose los minerales normativos. (Véase apéndice 1 a 31. El porcentaje obtenido se expresa en porcentaje en peso y no toma en cuenta los minerales hidratados, con este procedimiento se calculan minerales puros. La clasificación se hace usando la norma CIPW (Cross, Idding, Pirsson, Washington). Según DENAEYER *et al*, 1951.

En la tabla 15 se muestra los resultados del cálculo de minerales normativos de un conjunto de muestras recolectadas en la Matatrondhjemita de Matasiete entre las poblaciones de Guarame y Sabana de Guacuco.

**Tabla 15: Resultados de minerales normativos**

	Cuarzo	Plagioclasa	Ortoclasa	Corindón	Diopsido	Hiperstena	Rutilo	Ilmenita	Magnetita	Hematita
MS-02	37,59	52,73	2,81	0	5,42	0,1	0	0,72	0,64	0
MS-06	37,99	52,39	2,79	0	5,39	0,1	0	0,71	0,63	0
MS-07	27,72	62,42	4,32	1,32	0	2,88	0	0,72	0,63	0
MS-08	36,46	56,64	0,51	1,58	0	3,43	0	0,76	0,62	0
MS-12	38,26	56,81	0,07	0	3,01	1,26	0	0,42	0,19	0
MS-13	38,86	58,2	0,39	0	0,09	3,03	0	0,77	0,66	0
MS-14	34,34	48,85	12,77	0,64	0	2,12	0	0,71	0,57	0
MS-16	35,24	56,6	2,38	0,83	0	3,57	0	0,75	0,63	0
MS-17	37,37	49,6	7,66	0,59	0	3,36	0	0,76	0,65	0
MS-18	30,27	62,4	2,28	0,69	0	2,95	0	0,76	0,64	0
MS-20	27,31	67,45	1,37	0,25	0	2,35	0	0,66	0,6	0
MS-21	31,60	60,79	3,9	0,31	0	2,21	0	0,63	0,56	0
MS-22	34,95	55,7	6,99	0	0,06	1,42	0	0,49	0,39	0
MS-23M	34,8	50,01	10,95	0,21	0	2,62	0	0,81	0,6	0
MS-26	38,41	60,8	0	0		0,25		0,36	0,13	0,01
MS-28	40,31	47,82	6,88	0,52	0	3,08	0	0,73	0,66	0
MS-29	38,41	60,8	0	0,05	0	0,25	0	0,36	0,13	0,01
MS-31	38,04	54,48	0	2,87	0	3,19	0	0,77	0,65	0
MS-32	33,56	56,58	4,4	0,85	0	3,2	0	0,7	0,72	0
MS-33	34,41	57,65	3,97	0	1,36	1,41	0	0,69	0,51	0
MS-34	36,46	50,75	7,69	0	0	3,34	0	0,97	0,79	0
MS-35	36,16	47,01	12,27	0	0,24	2,99	0	0,71	0,63	0
MS-38	35,71	46,32	10,69	0	2,95	2,63	0	0,88	0,82	0
MS-39	40,08	44,21	8,09	1,66	0	4,07	0	0,98	0,91	0
MS-40M	30,66	55,68	7,91	1,05	0	3,08	0	0,87	0,75	0
MS-42	26,83	61,78	5,07	0	2,19	2,51	0	0,83	0,79	0
MS-48	34,17	52,6	8,7	1,99	0	1,5	0	0,6	0,45	0
MS-49	43,75	46,02	4,33	0	3,4	1,09	0	0,79	0,64	0
MS-51	31,87	55,27	3,94	0	5,68	1,19	0	1,11	0,94	0
MS-53	35,86	48,24	6,57	2,04	0	4,83	0	0,87	1,59	0
MS-55M	29,34	56,09	8,5	2,16	0	2,34	0	0,86	0,71	0

## CAPÍTULO VII

### 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 16, se reporta un resumen de los resultados del análisis químico realizado a las 31 muestras recolectadas, sólo se reporta el rango y los valores promedio de cada uno de los elementos analizados. Además, se presenta el valor calculado del contenido de álcalis representado por la suma de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  y el contenido de ferromagnesianos ( $\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Tabla 16: Tabla resumen de los análisis químicos para algunas muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco (%wt).**

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	Fe2O3	Na2O+ K2O	Fe2O3+ MgO
PROMEDIO	4,89	0,85	13,73	71,59	0,90	2,32	0,68	2,83	5,79	3,68
MÍNIMO	2,53	0,11	10,02	70,36	0,00	0,00	0,31	0,55	3,61	0,66
MÁXIMO	6,44	1,23	18,67	73,16	2,02	5,64	1,01	7,21	6,67	7,88

Observando tales resultados, es posible notar que el porcentaje más alto los presenta el  $\text{SiO}_2$ , los cuales oscilan entre 70,36 a 73,16 % con un promedio de 71,58 %. Cabe destacar que los valores más bajos los presentan las muestras cercanas al contacto entre la Metatrondhjemita de Matasiete y la Asociación Metamórfica Juan Griego.

También es importante resaltar que estos valores no corresponden a la cantidad total de cuarzo sino a los valores de  $\text{SiO}_2$ , el cual igualmente esta presente en otros minerales. En cuanto al contenido de álcalis (representado por la suma de  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) se aprecia un promedio de 5,79 % con valores que varían entre 3,61 y 6,67%. El contenido de ferromagnesianos ( $\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) presenta un promedio de 3,68 y un valor mínimo de 0,66 y máximo de 7,88. El  $\text{Al}_2\text{O}_3$  presenta un promedio de 13,72 y valores entre 10,02 y 18,67 %.

La distribución de estos óxidos en la zona de estudio es uniforme, no se observan cambios significativos en cuanto a la distribución en la zona de estudio, el parámetro que más presenta variación en cuanto a su contenido es la cantidad de ferromagnesianos, pero no es muy significativa. Esta distribución se puede apreciar en el mapa de distribución de óxidos en el Anexo 1.

En cuanto a los minerales normativos, según la norma CIPW (Cross, Idding, Pirsson, Washington) Según DENAEYER *et al*, (1951), los porcentajes promedios, mínimos y máximos se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17: Tabla resumen de los resultados de minerales normativos según la norma CIPW para las muestras de la Metatromhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco.**

Normas (% en peso)	Cuarzo	Plagioclasa	Ortoclasa	Corindón	Diopsido	Hiperstena	Ilmenita	Magnetita	Hematita
PROMEDIO	35,06	54,60	5,10	0,63	0,99	2,33	0,73	0,64	0,00
MINIMO	26,83	44,21	0	0	0	0,1	0,36	0,13	0
MAXIMO	43,75	67,45	12,77	2,87	5,68	4,83	1,11	1,59	0,01

Se observa que el cuarzo varía entre 26,83 y 43,75 % y tiene un promedio de 35,06 %. El feldespato, representado por la suma de plagioclasa y ortoclasa, varía entre 50,35 y 68,82 % y tiene un promedio de 59,71 %. Los minerales ferromagnesianos, representados por diópsido, hiperstena, ilmenita, magnetita y hematita, presentan un valor promedio de 4,67% y un valor máximo y mínimo de 8,92% y 0,75 % respectivamente.

Si se comparan estos valores con los resultados obtenidos en los análisis químicos de  $MgO + Fe_2O_3$  se observa que la diferencia entre los valores mínimo, máximo y promedio es cercano a la unidad, destacándose que la mayor diferencia se encuentra entre los valores máximos, sin embargo no es un contraste significativo. Viendo estos resultados en el mapa de distribución mineralógica encontrado en el apéndice 2 se observa que se tiene una distribución uniforme de feldespato en toda la zona de

estudio, no habiendo cambios significativos en el porcentaje de este mineral en el Cerro Matasiete.

En la tabla 18 se reportan otros resultados obtenidos a partir del cálculo de los minerales normativos, tales como densidad del magma, índice de diferenciación, temperatura de erupción entre otros resultados.

**Tabla 18: Tabla de otros resultados obtenidos mediante el cálculo de minerales normativos para algunas muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco.**

	Fe <sup>3+</sup> /(total Fe) en la roca	Mg/(Mg+Total Fe) en la roca	Mg/(Mg+Fe <sup>2+</sup> ) en la roca	Mg/(Mg+Fe <sup>2+</sup> ) en silicato	Ca/(Ca+Na) en la roca	Ca/(Ca+Na) en plagioclasa	Indice de diferenciación	Densidad calculada, g/cc	Densidad líquida calculada, g/cc	viscosidad calculada seca, Pas	viscosidad calculada mojada, Pas	Temperatura del líquido estimada, °C	Contenido estimado de H <sub>2</sub> O, wt. %
MS-02	30,0	35,4	43,9	63,5	16,8	4,2	93,1	2,70	2,39	1,07	0,73	723	4,69
MS-06	30,0	35,4	43,9	63,5	16,8	4,2	93,2	2,70	2,39	1,08	0,74	720	4,72
MS-07	30,0	39,2	48,0	67,5	18,2	18,2	94,5	2,72	2,43	0,87	0,67	837	3,40
MS-08	30,0	46,3	55,2	74,5	14,0	14,0	93,6	2,72	2,41	1,00	0,73	776	4,09
MS-12	30,6	75,3	81,5	98,0	7,3	0,0	95,1	2,67	2,36	1,19	0,77	678	5,19
MS-13	30,0	40,0	48,8	68,5	18,3	18,1	95,5	2,70	2,41	1,03	0,74	758	4,30
MS-14	29,9	32,8	41,1	62,9	19,1	19,1	96,0	2,69	2,40	1,00	0,73	779	4,05
MS-16	29,9	46,7	55,6	74,2	24,9	24,9	94,2	2,72	2,43	0,95	0,71	800	3,82
MS-17	29,9	43,6	52,4	71,5	16,0	16,0	94,6	2,71	2,40	1,03	0,74	758	4,29
MS-18	29,9	39,4	48,1	68,0	20,4	20,4	95,0	2,71	2,43	0,90	0,69	818	3,62
MS-20	29,9	32,5	40,7	59,7	19,4	19,4	96,1	2,70	2,42	0,89	0,68	823	3,56
MS-21	29,9	33,2	41,5	61,0	17,4	17,4	96,3	2,69	2,41	0,97	0,72	787	3,97
MS-22	30,2	32,4	40,7	62,5	11,6	11,5	97,6	2,67	2,38	1,10	0,76	733	4,57
MS-23M	30,1	39,1	47,9	70,6	24,3	24,3	95,8	2,70	2,41	0,98	0,72	785	3,99
MS-26	30,4	28,1	35,9	100,0	0,0	Cero	99,2	2,64	2,34	1,29	0,82	662	5,36
MS-28	30,2	40,1	48,9	68,0	23,0	23,0	95,0	2,71	2,41	1,06	0,76	753	4,34
MS-29	30,4	28,1	35,9	100,0	0,0	cero	99,2	2,64	2,34	1,29	0,82	662	5,36
MS-31	29,9	41,6	50,4	70,0	23,0	23,0	92,5	2,75	2,43	0,95	0,73	814	3,66
MS-32	30,0	36,8	45,4	62,7	18,9	18,9	94,5	2,72	2,42	0,95	0,71	796	3,86
MS-33	29,9	36,1	44,7	67,7	18,9	16,1	96,0	2,69	2,40	1,03	0,74	761	4,26
MS-34	29,9	37,0	45,6	66,6	28,8	28,8	94,9	2,72	2,43	0,96	0,71	793	3,90
MS-35	30,1	41,6	50,5	69,5	26,2	25,7	95,4	2,70	2,41	1,00	0,73	775	4,10
MS-38	30,1	40,9	49,7	68,0	31,9	25,5	92,7	2,72	2,43	0,94	0,70	793	3,90
MS-39	30,0	37,9	46,6	65,3	25,1	25,1	92,4	2,74	2,43	0,97	0,72	793	3,89
MS-40M	30,0	35,3	43,8	63,9	19,3	19,3	94,3	2,72	2,43	0,89	0,68	823	3,56
MS-42	30,1	37,5	46,2	64,5	24,2	20,3	93,7	2,72	2,44	0,84	0,65	838	3,40
MS-48	30,0	29,6	37,5	60,7	12,6	12,6	95,5	2,70	2,40	1,02	0,75	782	4,02
MS-49	30,0	37,0	45,6	66,7	25,7	17,6	94,1	2,71	2,40	1,13	0,77	715	4,78
MS-51	30,1	36,0	44,6	65,2	32,6	22,4	91,1	2,74	2,45	0,86	0,66	826	3,53
MS-53	30,0	15,6	20,8	29,7	55,2	55,2	90,7	2,81	2,51	0,75	0,62	919	2,53
MS-55M	29,9	27,9	35,6	56,7	20,4	20,4	93,9	2,73	2,43	0,86	0,67	852	3,25

En esta tabla se puede observar que todas las plagioclasas normativas tienen  $Ca/(Ca + Na)$  en el orden de 16-22, lo que quiere decir que el tipo de plagioclasa encontrada es oligoclasa. El único valor que presenta divergencia es el de la muestra MS-53, lo cual podría ser consecuencia del grado de alteración de la roca como producto de la cercanía de dicha muestra al contacto con la unidad ultramáfica suprayacente a la metatrondhjemita.

Es importante resaltar que las normas no contemplan ningún mineral hidratado, por lo que la alteración a mica, clorita, estilpnomelana, epidoto y actinolita de la plagioclasa y del anfíbol original no se puede ver en las normas así calculadas. De este modo todo el componente de minerales máficos de las rocas está en la norma “hypersthene”, no habiendo diópsido (cpx) ni olivino normativo.

La presencia de corindón en las normas indica un índice de saturación de alúmina peraluminico, destacándose que las muestras MS-40M, MS-48, MS-53 y MS-55M tienen valores de 2-3 % en peso de corindón.

La ausencia de olivino y feldespatoides indica que la roca es sobresaturada en sílice, por lo cual el valor de cuarzo es elevado en todas ellas, siendo sobresaturadas. La ausencia de acmita (egirina) y metasilicatos de Na y K sintéticos excluye la condición peralcalina.

El índice de diferenciación elevado que presentan estas rocas corresponde al indicado para rocas félsicas, ya que se han formado por fraccionamiento de magmas mucho más máficos, o quizás por fusión parcial de rocas máficas en la base del arco volcánico del Caribe. En cuanto a la temperatura de erupción se obtuvieron valores entre 662 °C y 919 °C la cual corresponde a la temperatura de erupción del magma trondhjemítico (835 °C aproximadamente) la cual es intermedia entre la del granito (650° C) y el gabro (1.150° C). De igual manera se encuentra correspondencia entre

los valores de densidad como roca o magma obtenidos por este procedimiento y los valores establecidos.

En cuanto al porcentaje estimado de H<sub>2</sub>O se observa una discrepancia de aproximadamente 3% entre los valores obtenidos por este método y el calculado mediante la estimación del contenido de H<sub>2</sub>O en las secciones finas. Esto se efectuó calculando primero la contribución de H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> en los minerales hidratados (principalmente micas) y luego obteniendo, mediante relaciones molares, el contenido porcentual de H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> en cada uno de las muestras estudiadas.

En la tabla 19 se reporta el valor calculado para el contenido de feldespato, utilizado por LAVERDE *et al* (2004) usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ FELDESPATO} = \left[ \left( \frac{\% K_2O}{16,92} \right) + \left( \frac{\% Na_2O}{11,82} \right) + \left( \frac{\% CaO}{20,16} \right) \right] \times 100$$

**Tabla 19: Contenido de feldespato según LAVERDE *et al* (2004) para algunas muestras de la Metatrondhjemita de Matasiete tomadas entre Guarame y Sabana de Guacuco.**

CONTENIDO DE FELDESPATO (% en peso)	
MS-02	57,94
MS-06	63,06
MS-07	64,92
MS-08	54,18
MS-12	55,81
MS-13	55,03
MS-14	59,15
MS-16	56,02
MS-17	53,11
MS-18	62,27
MS-20	67,28
MS-21	62,65
MS-22	58,27
MS-23M	57,96
MS-26	54,48
MS-28	50,90
MS-29	43,66
MS-31	63,80
MS-32	58,24
MS-33	60,57
MS-34	55,27
MS-35	56,79
MS-38	58,20
MS-39	49,23
MS-40M	61,64
MS-42	69,22
MS-48	58,09
MS-49	50,79
MS-51	65,33
MS-53	55,76
MS-55M	63,80
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>58,18</b>
<b>VALOR MINIMO</b>	<b>43,66</b>
<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>69,22</b>

Si se comparan estos valores con los resultados obtenidos de minerales normativos se destaca que exista una gran diferencia entre los valores máximos y mínimos esto puede ser consecuencia de la distribución de Na, K o Ca, ya que éstos no se hallan sólo en los feldespatos, sino que están presentes en otros minerales como actinolita, la cual tiene gran cantidad de CaO, y algo de Na<sub>2</sub>O, la sericita las micas blancas y la estilpnomelana que contienen K<sub>2</sub>O.

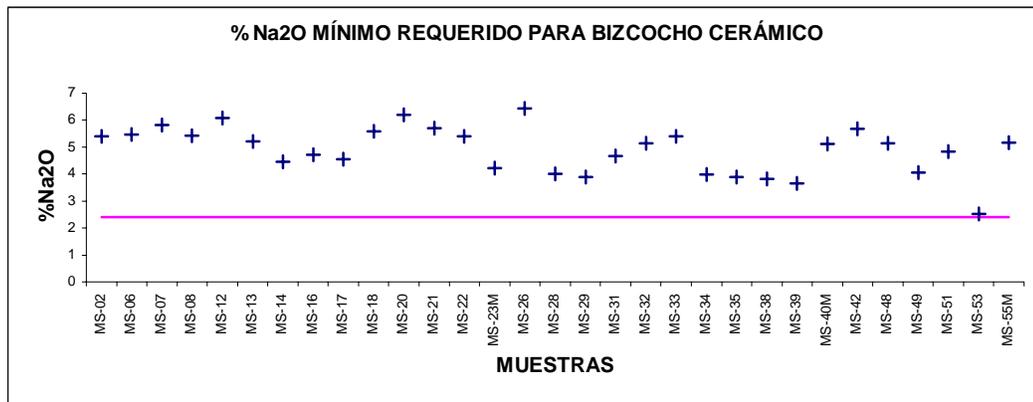
La industria cerámica trata de mantener ciertos estándares en cuanto al contenido de óxidos a utilizar, ya sea para hacer el bizcocho cerámico o el esmalte (ver Apéndice 1), éstos pueden variar dependiendo de la calidad del material empleado para obtener la materia prima, estas variaciones se satisfacen aumentando o disminuyendo el contenido de los componentes minerales para obtener así las cualidades deseadas.

Los requerimientos para cada industria cerámica pueden variar y son datos confidenciales de cada empresa, es por esto que se hará una comparación entre los resultados obtenidos en los análisis químicos y los requeridos por la industria cerámica según el servicio geológico minero argentino (Segemar), esto se hizo con el fin de verificar si el cuerpo trondhjemítico cumple con los requerimientos para ser mena feldespática.

Para lograr esto se utilizaron los gráficos que se muestran en las figuras 57 a 68 donde se graficaron los resultados de óxidos de las muestras y los requerimientos mínimos o máximos de los materiales empleados por la industria cerámica para la realización del bizcocho o el esmalte según sea el caso.

En primer lugar se analizará el contenido requerido de óxidos alcalinos para la fabricación de cerámicas. Es necesario un alto índice de dichos óxidos de manera que disminuya el punto de fusión del material feldespático, disolviendo primero las partículas de arcillas, posteriormente las de sílice libre y los otros componentes básicos, además, el contenido de potasio incrementa la translucidez en los cuerpos cerámicos.

En la figura 57 se observa el grafico de  $\text{Na}_2\text{O}$ , se destaca que el porcentaje mínimo requerido es de 2,41 % y el promedio de dicho óxido en las muestras recolectadas es de 4,89 % lo que indica que esta 2,48 % por encima del valor estipulado de dicho óxido.



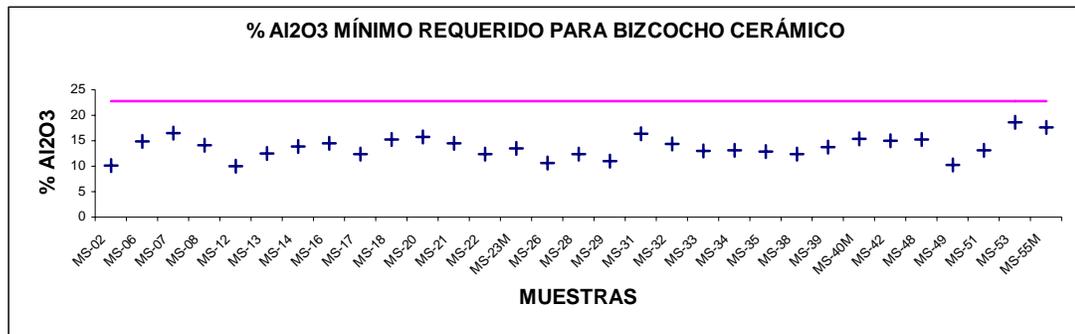
**Figura 57: % Na<sub>2</sub>O requerido para bizcocho cerámico.**

En cuanto al contenido de  $\text{K}_2\text{O}$ , en la figura 58 se muestra el valor mínimo requerido de  $\text{K}_2\text{O}$ , en esta figura se destaca que los resultados de dicho óxido en las muestras no presenta un patrón uniforme o regular, ya que hay bastante variación entre ellos. El promedio de tales resultados está 1,22% por debajo del porcentaje requerido (2,12 %). Lo que indica que se requiere más cantidad de minerales potásicos para la elaboración de los bizcochos cerámicos.



**Figura 58: % K<sub>2</sub>O requerido para bizcocho cerámico.**

En cuanto a la alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), este óxido actúa como formador de matriz, reduciendo la tendencia a la desvitrificación y como estabilizador mejorando su durabilidad química, es por esta razón que es recomendable que la materia prima tenga un nivel alto de este óxido. Se observa en el gráfico de la figura 59 que el valor requerido para el bizcocho cerámico es 22,7 % y el porcentaje promedio de dicho óxido (13,73) está 8,97 % por debajo del valor especificado, esto indica que se requeriría adicionar una cantidad extra de este material para obtener las condiciones deseadas.



**Figura 59: % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> requerido para bizcocho cerámico.**

En cuanto al  $\text{SiO}_2$  se observa que el promedio reportado de este óxido en las muestras esta 5,99 % por encima del porcentaje máximo requerido el cual es 65,6% (Fig. 60).



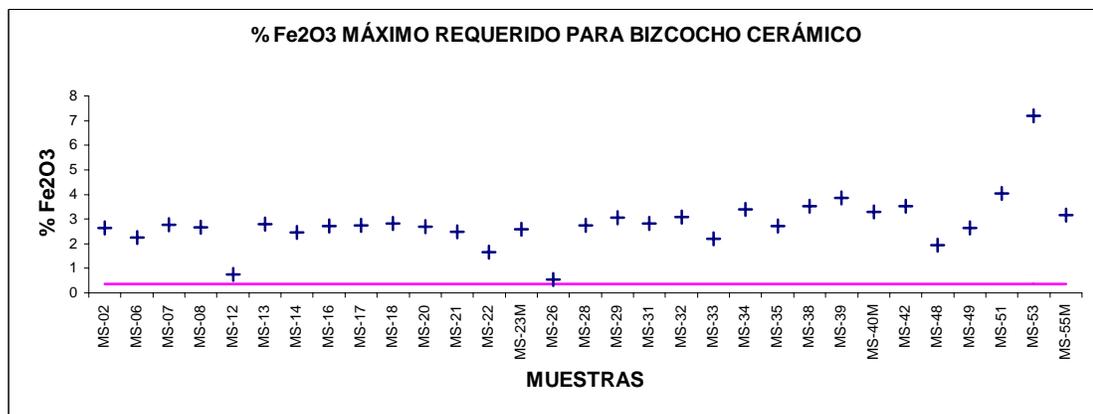
**Figura 60: % SiO<sub>2</sub> requerido para bizcocho cerámico.**

En cuanto al contenido de minerales máficos, este debe ser bajo, en las figuras 61 y 62 se muestran los gráficos con los requerimientos máximos para MgO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El porcentaje requerido es 0,17 % y las muestras analizadas reportan un promedio de 0,85% lo que indica que las muestras están 0,68% por encima del porcentaje requerido.



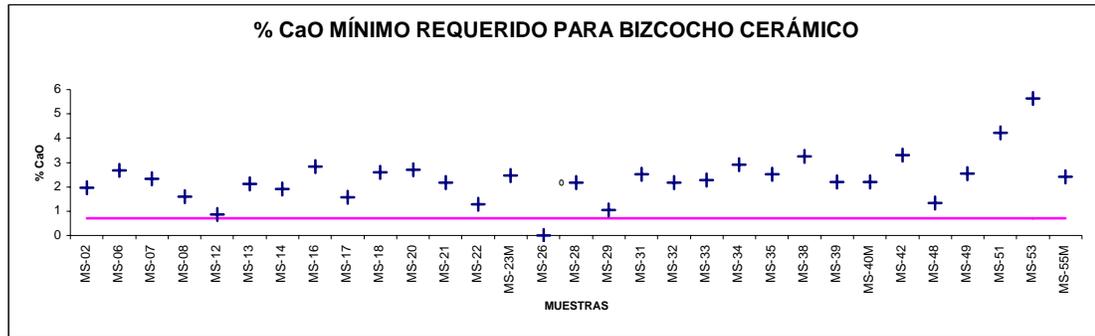
**Figura 61: % MgO requerido para bizcocho cerámico.**

En cuanto al Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, las muestras presentan un promedio de 2,83% y el porcentaje requerido es 0,36%, indicando que se tiene un exceso de 2,47%.



**Figura 62: % Fe2O3 requerido para bizcocho cerámico.**

Para comparar los resultados obtenidos y los requeridos de CaO se utilizó el gráfico mostrado en la figura 63 donde se aprecia que el valor esperado sea de 0,72 % y el promedio de las muestras arroja un promedio de 2,32 %, lo que indica que esta 1,6% por encima.



**Figura 63: % CaO requerido para bizcocho cerámico.**

Se observa que los porcentajes de óxidos obtenidos en las muestras no se ajustan completamente a los porcentajes requeridos para la fabricación de bizcocho en la industria cerámica, sin embargo se podrían realizar ciertos procedimientos con el fin de adecuar las características de este material con las requeridas (*beneficio mineral*) con el fin de que este material sea adecuado como mena feldespática.

Para extraerle exceso de cuarzo se podría realizar el proceso de flotación, el cual consiste en separar el mineral útil de la ganga (minerales presentes en la mena pero que para el caso considerado carecen de valor). Esto se realiza después que se reduce el tamaño de grano hasta su liberación, y se aprovecha las propiedades que poseen algunos minerales de adherirse a las burbujas de aire existentes en una emulsión o pulpa, de manera que se obtiene una espuma mineralizada, con el mineral requerido y un líquido donde se hunden los otros minerales.

En cuanto al contenido de material ferromagnésico, el cual debe ser mínimo, la calidad del material puede ser mejorada mediante la aplicación de técnicas sencillas de separación magnética. Cuando las impurezas incluyen mayores proporciones de

compuestos ferromagnesianos, acompañados de otras especies contaminantes como el cuarzo y la mica, el proceso de beneficio debe incluir además de la separación magnética, técnicas de flotación y lixiviación.

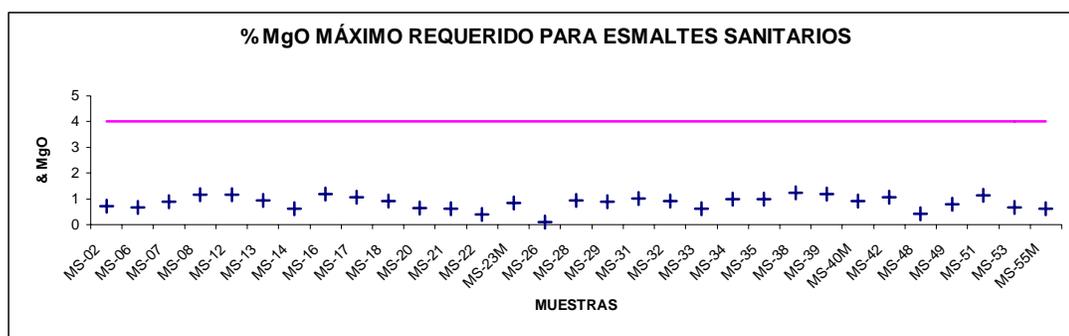
Ahora se hará la comparación entre los porcentajes requeridos para el esmalte sanitario y los resultados obtenidos en las muestras recolectadas. En la figura 64 se observa el gráfico donde se muestran los valores de Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O donde se destaca que los valores de los dos óxidos citados se encuentran por debajo en un 1,1% y 5,07 % respectivamente.

Los feldespatos usados en esmaltes vítreos deben quemar blanco y pueden contener sólo una pequeña cantidad de óxidos de hierro.



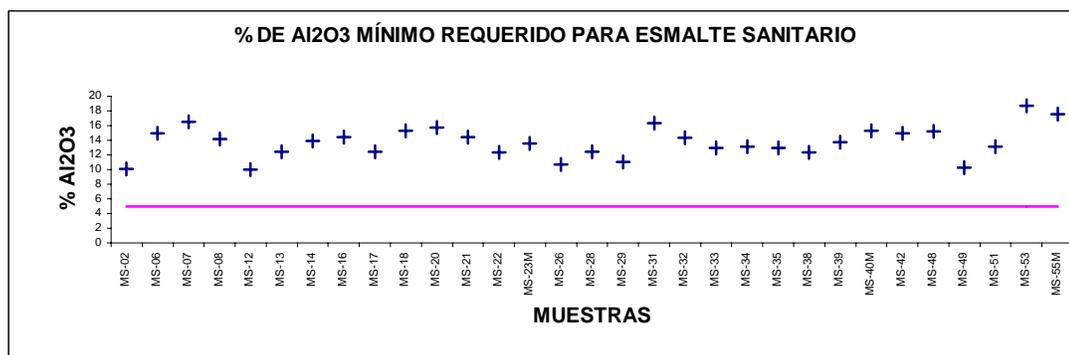
**Figura 64: % Na<sub>2</sub>O o K<sub>2</sub>O requerido para esmalte sanitario.**

Se requiere un porcentaje máximo de 4% de MgO para el esmalte cerámico y el valor promedio para ese óxido en las muestras recolectadas es de 0,85%, lo que indica un déficit de 3,15%. Esto se muestra en la figura 65.



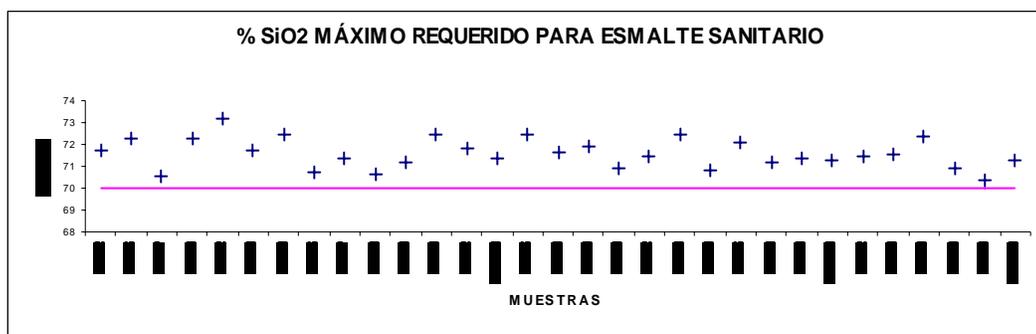
**Figura 65: % MgO requerido para esmalte sanitario.**

La alúmina es particularmente deseable en esmaltes vítreos porque tiene una expansión relativamente alta que permite una buena adhesión al substrato del metal. En cuanto a la alumina ( $Al_2O_3$ ) se observa que el porcentaje mínimo que se requiere de este óxido es 5% y el promedio de éste en las muestras es de 13,72%, es decir, 8,725 por encima. Figura 66.



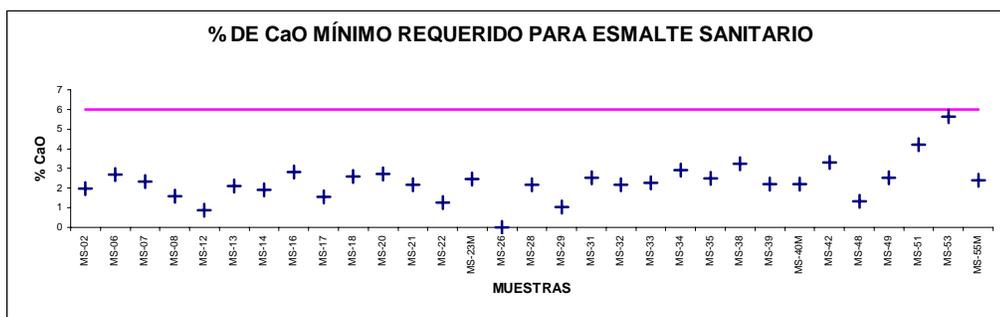
**Figura 66: %  $Al_2O_3$  requerido para esmalte sanitario.**

El  $SiO_2$  se usa en los esmaltes para cambiar el coeficiente de dilatación y, de esa forma, controlar el agrietado. En la figura 67 se observa el gráfico de  $SiO_2$ , donde se destaca que el porcentaje máximo requerido es de 70% y el promedio de dicho óxido está 71,58 % es decir sólo 1,58% por encima, lo cual es bastante cercano.



**Figura 67: % SiO<sub>2</sub> requerido para esmalte sanitario.**

En cuanto al contenido de CaO se observa que la variación entre los resultados obtenidos y esperados está 3,61% por debajo del porcentaje requerido (6 %). Fig. 68.



**Figura 68: % CaO requerido para esmalte sanitario.**

Los porcentajes de óxidos obtenidos en las muestras no se ajustan completamente a los requerimientos para la elaboración de esmalte sanitario, en especial el requerido como fundente (Na<sub>2</sub>O), el cual es bajo.

Se requeriría gran cantidad de procesos para que este material cumpla por lo exigido en la industria cerámica, razón por la cual no se recomienda para la fabricación de esmalte sanitario.

En otro orden de ideas, se realizó el cálculo del contenido de óxidos en las muestras a las cuales se les realizó análisis petrográfico. Esto se efectuó calculando primero la contribución de cada uno de los óxidos por mineral y luego obteniendo, mediante

relaciones molares, el contenido porcentual de óxidos en cada uno de las muestras estudiadas, dando como resultado lo mostrado en la tabla 21.

El área sombreada corresponde a las muestras a las que se le realizaron análisis químicos y petrografías, en la tabla 22 se muestran los resultados de análisis químicos obtenidos sólo para las muestras MS-18 y MS-32.

**Tabla 20: tabla de porcentaje de óxidos calculados según los análisis petrográficos.**

PORCENTAJES DE ÓXIDOS SEGÚN PETROGRAFÍAS (%)									
MUESTRAS	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	H <sub>2</sub> O
MS-09	1,57	4,18	15,92	72,30	0,35	0,20	1,45	0,43	1,07
MS-10	0,07	4,68	16,16	71,63	0,35	2,66	1,46	0,66	0,93
MS-18	0,98	4,18	14,91	71,98	1,29	2,86	1,45	0,99	1,36
MS-23	1,68	4,48	16,59	71,17	0,60	2,60	1,21	0,58	1,07
MS-32	0,86	4,98	14,63	73,28	1,03	2,66	0,97	0,84	0,74
MS-44	1,36	4,48	14,78	74,06	0,35	2,37	1,22	0,66	0,73
MS-54	1,45	2,49	11,87	79,53	0,60	1,51	0,73	0,58	1,23
MS-59	1,54	3,78	14,99	74,28	0,60	2,37	0,96	0,36	1,10
MS-61	1,71	3,98	15,92	71,83	0,35	2,66	1,70	0,66	1,18

**Tabla 21: Tabla con los resultados de análisis químicos para las muestras MS-18 y MS-32.**

% Minerales	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
MS-18	0,36	5,59	15,3	70,65	0,92	2,59	2,81	0,69
MS-32	0,69	5,13	14,35	71,47	0,91	2,17	3,09	0,63

Para la muestra MS-18 se observa que la diferencia entre los porcentajes de los análisis químicos y el porcentaje de óxidos según las petrografías es mínima, la mayor diferencia la presenta el porcentaje de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con una diferencia menor de 1,5 % y en los otros óxidos la diferencia no sobrepasa el 0,5%.

## CONCLUSIONES

- En base a los análisis químicos y petrográficos efectuados a las rocas tomadas de la Metatrondhjemita de Matasiete en el Cerro Matasiete, se puede llegar a las siguientes conclusiones

- El estudio mineralógico mostró que las especies minerales presentes en la zona de estudio son plagioclasas, del tipo oligoclasa y cuarzo, con contenidos menores de epidoto, muscovita (fengita) y estilpnomelana. Además, se determinó la presencia de contaminante de hierro, como magnetita.

- En cuanto al metamorfismo, las rocas estudiadas presentan asociaciones mineralógicas que indican que se vieron afectadas por un metamorfismo de bajo grado, el cual se ubica en la facies de los esquistos verdes, subfacies cuarzo- albita- muscovita- clorita, zona de la clorita.

- El metamorfismo que afecto a las rocas ultramáficas (serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí) es de grado bajo, facies de los esquistos verdes, subfacies subfacies Cuarzo – albita- muscovita – clorita, zona de la clorita.

- El gradiente geotérmico bajo el cual estas rocas sufrieron metamorfismo se encuentra en el rango intermedio a alto, entre 4 y 6 Kb y 400 a 500°C.

- Se registraron tres tipos de rocas cataclásticas de acuerdo al contenido de material de tamaño menor a 0,06 mm:

Protomilonitas

Ortomilonitas

Ultramilonitas

- Las ultramilonitas se encuentran en la zona más cercana a la Falla de Matasiete.
- Las ortomilonitas se encuentran mayormente en las cercanías del contacto del cuerpo Metatrondhjemitico con las serpentinitas del Complejo Metaofiolítico Paraguachí.
- Las protomilonitas se observan principalmente en la zona sur del cerro Matasiete y en la parte media del cuerpo trondhjemitico en la dirección NS.
- El sistema de falla que afecta la zona de estudio es de dirección NS y corresponde a la falla de Matasiete, la cual, posiblemente, es la responsable de las texturas cataclásticas encontradas.
- La dirección predominante de foliación es N35E a N75E y buzamiento 25 y 40 al norte.
- El patrón de orientación más abundante de las diaclasas son las que presentan buzamiento al sur, las cuales exhiben un rumbo que varía entre los 45° y 70° hacia el oeste o 5° y 15° hacia el este.
- El contenido de Na<sub>2</sub>O de las muestras, permite clasificar el mineral como sódico, lo que lo hace apto para la producción de bizcocho cerámico, sin embargo, la presencia de contaminantes como hierro y cuarzo en valores por encima de los requerimientos técnicos hacen necesario su beneficio.
- La Metatrondhjemitita de Matasiete se puede emplear como mena feldespática para ser utilizada en la fabricación del bizcocho cerámico, siempre y cuando se realicen las acciones requeridas para mejorar el mineral feldespático, ya sea por separación magnética para extraer el material ferromagnesiano o por flotación para eliminar el exceso de cuarzo.

- El material encontrado en la Metatrondhjemita de Matasiete no cumple con los requerimientos para ser utilizado como materia prima para la elaboración de esmalte sanitario.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con el fin de establecer el sistema mas idóneo para realizar el proceso de beneficio mineral como trituración, lavado, molienda, clasificación, flotación, remoción de agua por escurrido y secado, además de separación magnética de alta intensidad en seco para la eliminación de hierro.
- Realizar investigaciones aplicando métodos geofísicos para obtener la geometría exacta del cuerpo Metatromdhjemítico.
- Realizar estudios de caracterización geológica en el Cerro Guayamurí, para determinar el potencial que tiene dicho cerro como mena feldespática.

## BIBLIOGRAFÍA

BENEDUSI STEFANO, (1998). Feldspars en sardinia, in pole position for ceramic markets. *Industrial Mineral*, *Industrial Mineral Bulletin*, (365): 57 – 59.

BLANCO, B. & GIRALDO, C. (1992). Síntesis Tectono-Estratigráfica de la Cuenca Tuy-Cariaco y Plataforma externa. *VI Congreso Venezolano de geofísica. Caracas*. p. 47 – 54.

BLANCO, P. & LASSER A. (2000). Geología de las Rocas Ígneas de la Región los Cerrillos-El Horno, Edo. Trujillo. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

CAMPOS C. & O. GUZMÁN (2002). Estratigrafía secuencial y sedimentología de las facies turbidíticas del flysh Eoceno de la isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

CARR, D. (1994) *Industrial minerals and rocks*, 6th. Ed. Colorado: Society of mining, metallurgy and exploration, Inc. 1196 p.

CARRILLO, M. & VIVAS B. (1986). Petrología y petrogénesis de las Rocas Félsicas metamorfizadas, de la Región Norte de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela,. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Ve Caracas.

CONTRERAS M., JORHAM A. (2002). Modelo sedimentológico para la secuencia eoceno-oligoceno en las cuencas La Blanquilla y Tuy Cariaco y su correlación con el flysch eoceno en la Isla de Margarita Venezuela, Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

CHACHATI, B. & MACSOTAY O. (1985). Estudio geodinámico y geoquímico de Rocas meta-ácidas de Paraguaychoa, Venezuela Nor-Oriental; VI Cong. Geol. Venez., Mem. 3 : 86 – 1622.

\_\_\_\_\_ (1997). Eventos de sedimentación, Intrusión y Sobrecorrimiento de Macanao, Edo. Nueva Esparta, Venezuela Nor-Oriental. *VIII Congreso Geológico Venezolano, Mem. 2: 17 – 24.*

CHEVALIER, Y. (1997). Les zones internes de la chaîne sud-Caraïbe sur le transect de Margarita- Peninsule Araya, Venezuela. *Universidad de Bretagne Occidentale*. P. 348-441.

ERLICH, R. N. & BARRET, S.F. (1989). Cenozoic plate – tectonic history of the northern Venezuela – Trinidad area. Amoco Production Company, Houston. PDVSA, Informe técnico PDVSA EP- 20162.

ESCOBAR, M. & RAFAEL, H. (1973). Estudio Geológico del extremo sureste de la parte Oriental de La Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

ESCORIHUELA, N. & RONDÓN J. (2002). Estudio de las Rocas Ígneas que Afloran en la parte Central de la Cuenca de Falcón. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

FORTE, S. SALVATORE (1989). Recuperación de feldespatos por el método de flotación a partir de la mena de Tinaquillo-Estado Cojedes. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GALLI ENRICO (1996). Planificación Minera del Yacimiento de Feldespatos de Veta en el Hato Mataria, Tinaquillo, Edo. Cojedes. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GÓMEZ, M. (1973). Estudio geológico de la Mitad este de la isla de Margarita, Edo Nueva Esparta. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GONZALEZ P., MIGUEL. (1970). Concentración de Feldespato y de la Mica del Páramo de Piedras Blancas. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

GONZALEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE DE AROZENA & PICARD, X. (1980). Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Ed. Foninves, 2 Tomos. 1031p.

HESS, H. & MAXWELL, J.C. (1949). Geologic Reconnaissance of the Island of Margarita, Part 1. Bull Geol Soc. America 60:1857 – 1868.

ITURRALDE – VINENT MANUEL A. (1974) Circum – Caribbean tectonics and igneous activity and the evolution of the caribbean plate: discussion. *Geol. Soc. Am. Bull.* 85.

JAM, R. & MENDEZ, A. (1962) Geología de la Isla de Margarita, Coche y Cubagua. *Memorias de la Sociedad de ciencias Naturales La Salle.* 22(61): 50-93.

KLUGE, R.; BAUMANN, A.; MARESH, W. V. & KRÜCKHANS, G. (1992). U – Pb. Zircon ages of leucocratic plutons on the island of Margarita (Venezuela). *III Congreso Geológico de España y III Congreso Latinoamericano de Geología. Actas. Tomo 4.* pp: 184-188.

LAVERDE, D. y otros (2004). El beneficio de arenas feldespáticas: una solución para la industria cerámica colombiana. Revista de la facultad de minas, Universidad nacional de Colombia

MARESH, V. W. (1972). Guide of excursion L-1. Field Trip to The Rinconada Group. *VI Conferencia Geológica del Caribe (Isla de Margarita, 6 – 14 julio 1971)*, *Mem*, p. 20 - 21

\_\_\_\_\_ (1973). Metamorfismo y estructura de Margarita Nororiental, Venezuela. *Boletín de Geología*, vol. XII. 22: 172.

MIYASHIRO, A (1973). *Metamorphism and Metamorphic belts*. A Hasteld Press book, N.Y. 492 p.

NAVARRO, E. (1972). Equilibrio químico entre granate y piroxeno coexistente en rocas eclogíticas, Macanao, Estado Nueva Esparta, *Conf. Geol. del caribe, Mem.*, 6: 327 – 328.

\_\_\_\_\_ (1976). Onfacita proveniente de las rocas eclogíticas de la isla de Margarita. Estado Nueva Esparta. *Geos (Escuela de Geología, Universidad Central de Venezuela)*; 21: 9 – 12.

\_\_\_\_\_ (1977). Eclogitas de Margarita: evidencias de Polimetamorfismo. V *Cong. Geol. Venezolano, Mem.* 11: 651 – 661.

\_\_\_\_\_ (1987). Ambiente Tectónico de origen de la Trondjemita de Matasiete, en base al comportamiento de Rb, Y y Nb, *Revista de la facultad de Ingeniería* 2: 13-22.

\_\_\_\_\_ (1988). Definición del complejo de Paraguachí, isla de Margarita. *Bol. Soc. Venezolana Geol.* 33: 44 – 48.

NAVARRO, E. & OSTOS, M. (1997). Algunas consideraciones sobre el ambiente Tectónico de origen de las leucotonalitas de la Isla de Margarita. VIII Congreso Geológico Venezolano. *Mem.*

OSTOS, M. (1990). Evolución Tectónica del Margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicas. *Geos* (Escuela de Geología, Universidad Central de Venezuela); 30: 1 – 294.

PACHECO, P. BARTOLOMÉ. (1994). Minería de Campo realizada en yacimiento de Feldespato. Canteras Lanca C.A., Tinaquillo, Edo. Cojedes. Informe de Pasantía. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

PALOMBO, ALBERTO. (1950). Geología de dos regiones situadas en la Isla de Margarita. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

PINDELL, J. L. (1998). Cenozoic palinspastic reconstruction, Paleogeographic Evolution and Hydrocarbon Setting of the Northern Margin of South America. *S.E.P.M. spec. pub* 58: 45 – 87.

PINDELL, J. L. & BARRET, S. F. (1990) Geological evolution of the Caribbean Region: a plate tectonic perspective, in Dengo, G. & Case, J., eds. *The Geology of North America*. H, Geological Society of America, Colorado, p. 405 – 432.

PINDELL, J.; CANDE, S.; PITMAN III; ROWLEY, D.; CEWEY, J.; LABREQUE, J. & HAXBY, W. (1988). A plate – kinematic framework for models of caribbean evolution. *Tectonophysics*, N° 155, p. 121-138.

PINDELL, J. L. & DEWEY, J. F. (1982) Permo-Triassic reconstruction of western Pangea and evolution of the Gulf of México / Caribbean region. *Tectonics*. 1: 179 – 212.

POTTER, M. (1999) Feldspars and nepheline Syenite, Mineral Industry Survey. USA. Geological survey, 1998 annual Review, pp. z1 – z7.

RODRIGUEZ, S. (2000) Características e importancia comercial de los depósitos de feldespató sódico del estado Cojedes. Bol. Geol. Ingeomin, Caracas, 11(32): 27-35. 2002.

ROJAS G. (1985). Geología de las rocas ultramáficas aflorantes en el extremo oriental de la Isla de Margarita, Venezuela Sociedad Venezolana de Geólogos, Caracas. *VI Congreso Geológico venezolano*, 6(3-4): 2032-2086.

SALLER, M. (1999) In a state of flux. Feldspars and nepheline syenite reviewed. Industrial Mineral Bulletin, (385): 43 – 53.

SANTAMARIA, F & SCHUBERT C. (1974) geochemistry and geochronology of the southern caribbean – northern venezuela plate boundary. *Geol. Soc. Am. Bull.* 7.

SPEED, R. (1985). Cenozoic collision of the lesser antilles arc and continental south America and the origin of the Pilar fault. *Tectonics*. v. 4, N° 1, p. 41 – 69.

TAYLOR, G. (1960) Geología de la Isla de Margarita, Venezuela. III Congreso Geológico Venezolano. 2: 838 – 893.

TURNER, F. (1981). *Metamorphics petology, mineralogical, field and tectonic aspects*. Mc Graw Hill, 2da. Ed. 524 p.

VENEGAS., PABLO G. (1972) Estudio Geológico del Extremo N.O. de la parte Oriental de la Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta. Trabajo especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

VIGNALLI, M. (1979) Estratigrafía y Estructura de las Cordilleras Metamórficas de Venezuela Oriental (Península de Araya Paria e isla de Margarita). *Geos (Escuela de Geología, Universidad Central de Venezuela)*; 25: 19-66.

WINKLER, H.G.F. (1967) *Petrogenesis of metamorphics rocks*. 2da ed., Springer – Verlag, 237 p.

\_\_\_\_\_ (1978) Petrogénesis de rocas metamórficas. Héroes S.A., España.  
346 p.

YSACCIS, R. (1997). Tertiary Evolution of the Northeastern Venezuela Offshore.  
University Rice, Texas. 285 P.

YSACCIS, R. & AUDEMARD, F. (2000). A Neogene OROgenic float in northern  
South America: Eastern Venezuela basin vs. Caribbean Plate. AAPG Annual  
Convention. Louisiana. P. A164.

## **APENDICES**

### **FELDESPATOS**

#### **GENERALIDADES**

La familia de los minerales llamados genéricamente "feldespatos", comprende un grupo de aluminosilicatos relacionados entre sí, con cantidades variables de potasio, sodio y calcio y más raramente con otros cationes (bario, hierro, plomo, rubidio y cesio), en series de minerales en solución sólida.

Los feldespatos comunes pueden ser considerados como la solución sólida de tres componentes: ortoclasa u ortosa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), y anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Los dos últimos conforman los extremos de una serie isomorfa completa, con cantidades variables de sodio y calcio, denominada serie de las plagioclasas: albita, oligoclasa, andesina, labradorita, bytownita y anortita.

El feldespato de potasio se presenta en tres formas: microclino, ortoclasa y sanidina. El primero es característico de rocas plutónicas y pegmatitas, el segundo de porfidos graníticos, pegmatitas y vetas hidrotermales y el tercero de rocas volcánicas. Albita, oligoclasa y andesina son comunes en granodioritas, dioritas y en las rocas volcánicas afines (dacitas, andesitas).

Los principales feldespatos comerciales son: el sódico - cálcico (albita y oligoclasa, de bajo contenido en calcio en la serie de minerales albita-anortita) y el potásico (microclino y ortoclasa), entre otros. En la tabla 22 se observa la composición química de los feldespatos.

**Tabla 22: Composición química de los principales Feldespatos en %**

	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Si O<sub>2</sub></b>
Microclino	16,90			18,40	64,70
Ortoclasa	16,90			18,40	64,70
Albita		11,80		19,40	68,80
Anortita			20,10	36,60	43,30

## **CLASIFICACIÓN**

### **GRUPO DE LOS FELDESPATOS POTÁSICOS**

**ORTOSA:** Es uno de los minerales más comunes. Se forma durante la cristalización de rocas ígneas, y por la acción hidrotermal en las vetas de pegmatitas y en drusas en las rocas. También por la cristalización a partir de soluciones acuosas a bajas temperaturas en los filones. Se encuentran en grandes cristales y masas exfoliables en las vetas de pegmatitas.

Su composición química es la siguiente: K<sub>2</sub>O: 16,9 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 18,4%, SiO<sub>2</sub>: 64,7 %. El sodio puede reemplazar al potasio en la variedad sanidina y puede llegar hasta 50 % de sodio en la anortoclasa.

**MICROCLINO:** se confunde mucho con la ortosa, su composición y usos son idénticos.

### **GRUPO DE LOS FELDESPATOS CALCO-SÓDICOS**

**SERIE DE LAS PLAGIOCLASAS:** Los feldespatos triclinicos, llamados calco-sódicos o plagioclasas, forman una serie isomorfa cuya composición varía desde la albita pura, NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, a la anortita pura, CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Estos dos miembros extremos pueden reemplazarse entre sí en todas las proporciones, formando como consecuencia de ello, una serie isomorfa completa. La serie se divide en seis términos arbitrarios siguientes, de acuerdo con las cantidades relativas de albita y anortita.

Aunque las especies se nombran de acuerdo con las divisiones arbitrarias antedichas, la mayor parte de sus propiedades varían de manera continua con el cambio en la composición química.

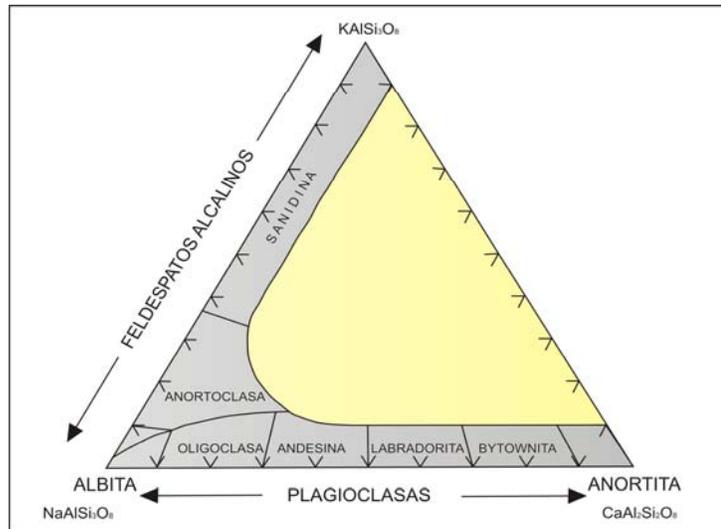
En la tabla 23 se muestra la composición de los feldespatos de acuerdo a los porcentajes de albita y anortita.

**Tabla 23: Composición de los Feldespatos**

<b>SERIE ISOMORFA</b>	<b>% ALBITA</b>	<b>% ANORTITA</b>
ALBITA $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	100 – 90	0 – 10
OLIGOCLASA	90 – 70	10 – 30
ANDESINA	70 – 50	30 – 50
LABRADORITA	50 – 30	50 – 70
BYTOWNITA	30 – 10	70 – 90
ANORTITA $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	10 – 0	90 – 100

ALBITA – ANORTITA: silicatos de aluminio de calcio y sodio. Serie completa de soluciones sólidas desde la albita  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  a la anortita  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ . El potasio puede estar presente en cantidad apreciable en el extremo sódico de la serie.

Las plagioclasas se encuentran en rocas ígneas, metamórficas y más raramente en rocas sedimentarias. La albita unida a la ortosa y el microclino, forman los feldespatos alcalinos y todos ellos tienen yacimientos similares. Se hallan generalmente en granitos, sienitas, riolitas y traquitas. En la figura 71 se muestra un diagrama de clasificación de los feldespatos.



**Figura 69: Diagrama de clasificación de los feldespatos**

## GRUPO DE LOS FELDESPATOIDES

Los feldespatoides son silicatos anhídros, químicamente parecidos a los feldespatos, excepto por su menor contenido en silicio (aproximadamente un tercio menos), formándose a partir de soluciones ricas en álcalis y pobres en sílice

Estos minerales son substitutivos de los feldespatos, que cristalizan, cuando un magma no posee suficiente silicio para formar en conjunto con potasio, sodio y aluminio los feldespatos. Esto ocurre a partir de magmas de composición máfica a ultramáfica.

Las sienitas nefelinas son rocas plutónicas derivadas de magmas pobres en  $\text{SiO}_2$ . Los constituyentes claros de las sienitas nefelinas son feldespato alcalino (90% de todos los feldespatos), de plagioclasa (0 a 10% de los feldespatos) y de nefelina (10 a 60% del volumen total de feldespato y feldespatoide) que es un feldespatoide de sodio. Estas rocas aparecen principalmente en zonas de fosas continentales, casi siempre exteriores a las montañas plegadas y el equivalente volcánico de la sienta nefelina es la fonolita.

La essexita es una roca plutónica con feldespatoideas, donde el feldespato más abundante es la plagioclasa. Se compone de plagioclasa (50 a 90% de los feldespatos), feldespato alcalino (10 a 50% de los feldespatos) y feldespatoideas (a menudo nefelina, 10 a 60% del volumen total de feldespato y feldespatoide). El equivalente volcánico de la essexita es la theralita.

Las estructuras de estos minerales están íntimamente relacionadas con las de los feldespatos, sin embargo, algunos de ellos tienden a formar cavidades estructurales mayores que en el caso de los feldespatos, debidos a enlaces tetraédricos de cuatro y seis miembros, lo que justifica un mayor intervalo en sus pesos específicos, así como una facultad para contener aniones extraños, tales como Cl en el caso de la *sodalita*, CO<sub>3</sub> para la *cancrinita*, SO<sub>4</sub> para la *noseana* y SO<sub>4</sub>, S y Cl en el caso de la *lazurita*.

## **USOS DE LOS FELDESPATOS**

Las principales aplicaciones del feldespato y la sienita nefelínica son en la industria del vidrio y la cerámica. Conjuntamente, estos sectores dan cuenta de aproximadamente el 80% del consumo mundial, el resto de la producción va dirigida al campo de la pintura y pego industrial. En ambas aplicaciones, los minerales feldespáticos son usados principalmente como fuentes de alúmina y, en menor medida, como fuente de sílice y álcalis.

## **PROPIEDADES Y COMPOSICIÓN DE LOS FELDESPATOS PARA LA INDUSTRIA DEL VIDRIO.**

La industria del vidrio representa el mercado más importante para el feldespato, abarcando más del 50% del consumo total.

Los principales constituyentes de los productos finales de vidrio pueden ser agrupados como formadores, estabilizadores y fundentes. El principal material para la formación de vidrio es la sílice, el CaO, MgO y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> son estabilizadores que incrementan la resistencia del vidrio a los ataques físicos y químicos. Los fundentes,

Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O y B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reaccionan a bajas temperaturas para promover la fusión y mezcla de las otras materias primas.

El feldespato para la fabricación del vidrio, habitualmente molido de 20 a 40 mallas, contiene de un 4 a 6 % de Na<sub>2</sub>O, y aproximadamente 19% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. El material destinado a este uso puede comercializarse como un concentrado de feldespato y cuarzo purificado en la que se han eliminado las impurezas. En la tabla 24 se muestran las especificaciones químicas exigidas a las materias primas feldespáticas destinadas a la fabricación de vidrios.

**Tabla 24: Características de composición de materias primas feldespáticas para diversos tipos de vidrios.**

CARACTERÍSTICAS DE COMPOSICIÓN	Vidrio para electrovacío	Vidrio plano	Recipientes y otros objetos de vidrio incoloro	Fibras de vidrio y recipientes de color verde
Contenido en SiO <sub>2</sub> (%), no más de	65		Sin normalizar	
Cuarzo incluido (%), no más de	8		Sin normalizar	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%), no menos de	20	14	14	14
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O (%), no menos de	12	7.5	7.5	7.5
CaO (%), no más de	0.6		Sin normalizar	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%), no más de	0.77	0.2	0.3	Sin normalizar

Tomado de: Revista Rocas y Minerales, 1987

Esencialmente, los feldespatos son utilizados en el sector del vidrio, por su alto contenido de alúmina, al cual actúa como formador de matriz, reduciendo la tendencia del vidrio a la desvitrificación y como un estabilizador mejorando su durabilidad química. (RODRIGUEZ, S., 2000). En la tabla 25 se muestran las especificaciones para el feldespato grado vidrio.

**Tabla 25: Calidades y especificaciones para el feldespato grado vidrio**

	<b>VIDRIO F-20</b>	<b>VIDRIO C-20 %</b>	<b>VIDRIO G-40 %</b>	<b>VIDRIO</b>
SiO <sub>2</sub>	68.20	68.90	67.70	63.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.00	18.75	18.50	22.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.07	0.10 max	0.10
CaO	5.60	1.85	0.90	5.60
MgO	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
K <sub>2</sub> O	3.00	3.85	4.10	3.00
Na <sub>2</sub> O	6.00	7.15	7.00	6.00
LOI	0.20	0.13	0.25	0.20
<b>ANÁLISIS DE TAMICES ACUMULADO SOBRE</b>				
16 mallas	0.1	0.40		0.00
20 mallas	8.2	8.00		1.50
30 mallas	12.0			15.00
40 mallas		49.00	1.75	50.00
50 mallas	85.5	81.00		97.00
100 mallas	98.8	96.10	61.00	100.00
200 mallas			97.50	

Tomado de

[http://www.segemar.gov.ar/P\\_Oferta\\_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PR ODUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm](http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PR%20DUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm)

La adición de feldespato y nefelina a la hornada de vidrio se adoptó ampliamente como una fuente de alúmina económica y confiable. La presencia de pequeñas cantidades de alúmina es benéfica para un amplio rango de productos de vidrio. La introducción de alúmina a la hornada es la principal razón del uso de feldespato y nefelina junto con la necesidad de sus propiedades fundentes. Tanto el feldespato como la nefelina consisten de 50% de SiO<sub>2</sub>, el principal material que conforma el vidrio.

Estos efectos incluyen una mayor resistencia al rayado y a las roturas por impactos o doblado, mejora la resistencia térmica, mejora la durabilidad química y reduce la tendencia a desvitrificar. Es aconsejable agregar a la hornada de vidrio una cantidad de feldespato que, además de su contribución a la fusión, dejará entre el 1 y el 3% de alúmina en el vidrio terminado, con 2% de alúmina se considera óptimo.

## PROPIEDADES Y COMPOSICIÓN DE LOS FELDESPATOS PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA.

Las cerámicas son el segundo consumidor de feldespato después del vidrio, abarcando aproximadamente el 40% del total de ventas mundiales. La principal aplicación del feldespato y la nefelina son en la manufactura de porcelana vítrea y semi-vítrea, lozas para paredes, sanitarios, porcelanas eléctricas, fritas\* y esmaltes.

Para el uso en cerámicas, todos los materiales que la constituyen necesitan ser molidos a menos de 200 mallas, y estar libres de calcita que emita dióxido de carbono durante el quemado. Mientras esto es una ventaja útil en la fusión de vidrio porque la anima, esto es incompatible en la producción de cerámicas porque provoca porosidad. En la tabla 26 se muestran las especificaciones para el feldespato grado cerámico.

**Tabla 26: Calidades y especificaciones para el feldespato “grado cerámico”**

	CERÁMICA A	CERÁMICA B	CERÁMICA C	CERÁMICA D
SiO <sub>2</sub>	68.15	68.70	67.00	67.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.00	19.50	18.30	18.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.067	0.07	0.08	0.07
CaO	1.60	0.90	1.02	0.36
MgO	Traza	Traza	Traza	Traza
K <sub>2</sub> O	4.00	4.10	10.50	10.10
Na <sub>2</sub> O	7.00	7.20	2.85	3.80
LOI	0.10	0.25	0.20	0.26

Tomado de

[http://www.segemar.gov.ar/P\\_Oferta\\_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm](http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm)

---

\* Barniz parcial o completo, fundido en el horno hasta alcanzar la condición de vidrio, enfriado y luego molido que luego se usa para esmaltar piezas o en la preparación de otros barnices eliminando la toxicidad del plomo y la solubilidad de los fundentes alcalinos

Las cerámicas tradicionales, como los sanitarios, cerámica para mesa, y lozas cerámicas, constituyen el principal mercado cerámico para los materiales feldespáticos. El feldespato y la nefelina son importantes agentes fundentes en un amplio rango de cuerpos cerámicos. Asimismo, son usados para incrementar la viscosidad y la resistencia del lustre.

Tanto el feldespato sódico como el potásico son usados en cerámicas, sin embargo, los feldespatos potásicos son preferidos. Los feldespatos grado cerámico contienen, típicamente, 5-14% de  $K_2O$ . El contenido de hierro debería generalmente ser bajo, si bien materiales con alto contenido de hierro pueden ser usados donde el quemado blanco no es importante. Usualmente, los feldespatos potásicos incrementan la traslucidez en los cuerpos cerámicos y son usados principalmente en porcelanas eléctricas. Mientras el sódico aumenta la expansión térmica produciendo cuerpos más gruesos. En la industria cerámica, los feldespatos sódicos son utilizados para el control de la vitrificación por la acción de los óxidos alcalinos y como fundentes para la obtención de baldosas, porcelana y sanitarios. El proceso consiste, que, con el incremento de la temperatura, los álcalis, Na y K, se muestran más activos, disolviendo primero las partículas de arcillas, posteriormente las de sílice libre y los otros componentes básicos en las partes primarias de la cerámica. Los fundentes controlan el nivel de grado de vitrificación durante el proceso de horneado. (SALERR M., 1999 en RODRIGUEZ S., 2000)

Los diferentes tipos de cerámica requieren diferentes grados de vitrificación, y la cantidad y naturaleza de los fundentes requeridos varía. El feldespato potásico produce un fundente vítreo pesado mientras el sódico produce un fundente fluido más poderoso. Las propiedades fundentes de los materiales feldespáticos dependen de su contenido de sílice libre y óxidos alcalinos, la relación entre el sodio y el potasio en ellos, y la composición del cuerpo en el cual son introducidos.

La acción fundente de los materiales feldespáticos aumenta a medida que el punto de fusión disminuye, con el incremento del contenido de óxidos alcalinos. La cantidad y el tipo de material feldespático usado, además, dependen de la naturaleza del cuerpo cerámico producido. Por ejemplo, la fórmula y análisis químicos típicos usados en UK y USA para la producción de cuerpos sanitarios se muestran en la Tabla 27.

Otro uso importante de los feldespatos es en la fabricación de esmaltes para cerámicas. Los cuales son frecuentemente clasificados en función del principal constituyente, con o sin contenido de plomo. Asimismo, se describen por su temperatura de quemado y madurez.

**Tabla 27: Composición mineral y química típica de los cuerpos cerámicos (% en peso)**

<b>MINERAL</b>	<b>UK</b>	<b>USA</b>
Arcilla plástica, liviana	14.2	12.9
Arcilla plástica, oscura	6.8	13.8
Caolín	24.0	22.3
Feldespato	31.0	33.7
Cuarzo	24.0	17.3
Total	100.0	100.0
<b>Análisis Químicos</b>		
SiO <sub>2</sub>	65.6	65.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.7	22.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	0.36
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.65
CaO	0.58	0.72
MgO	0.13	0.17
K <sub>2</sub> O	3.39	2.12
Na <sub>2</sub> O	1.6	2.41
LOI	5.83	6.21

Tomado de [http://www.segemar.gov.ar/P\\_Oferta\\_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODU](http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODU)

[CTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm](http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODU)

La temperatura de madurez es alcanzada mientras el esmalte no sólo se funde sino que fluye suavemente sobre la superficie del artículo, y los defectos como burbujas o

agujeros desaparecieron. Las cinco principales categorías de esmaltes cerámicos son: mayólica, cerámicas rojas, porcelana de hueso, sanitarios, y porcelana.

La alúmina es particularmente deseable en esmaltes vítreos porque tiene una expansión relativamente alta que permite una buena adhesión al substrato del metal. Los feldespatos usados en esmaltes vítreos deben quemar blanco y pueden contener sólo una pequeña cantidad de óxidos de hierro.

El feldespato usado en la producción de fritas de esmaltes vítreos es molido en malla 120-140. Baja la temperatura de fundición a 1250-1300°C e incrementa la velocidad de la operación de fundición. El feldespato influencia en la viscosidad del esmalte y permite la producción de lustres duros y blandos. En la tabla 28 se muestra la formulación de esmaltes para sanitarios.

**Tabla 28: Formulación de esmaltes para sanitarios**

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)			
K <sub>2</sub> O o Na <sub>2</sub> O	6	BaO	2
CaO	6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5
ZnO	5	SiO <sub>2</sub>	70
MgO	4	ZrO <sub>2</sub>	5
MINERALES			
Feldespato sódico	30	Carbonato de bario	10
Pedernal	15-17	Opacador	10
Carbonato de calcio	12	Pirofilita	8
Arcilla	7-8	Talco	1

Tomado de

[http://www.segemar.gov.ar/P\\_Oferta\\_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm](http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Feldespato/Usos%20y%20especificaciones/PRODUCTOS,%20USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm)

### **Producción de mena feldespática en Venezuela**

Se han ubicado y parcialmente caracterizado cinco distritos de menas feldespáticas sódicas en Venezuela:

La zona de la Gallineta, Barinitas, estado Barinas, caracterizada por la presencia de diques de plagioclasitas y leucogranitos.

El área de Campo Elías – Batatal, estado Trujillo, rico en cuerpos intrusivos de leucogranitos plagioclásicos de alta calidad.

La zona de Bejuma – Aguirre, Carabobo, donde se explotan gneises cuarzo plagioclásicos moscovíticos de la formación Las Brisas

El área de San Antonio – Mataria, Cojedes, caracterizada por la presencia e rocas gnéisicas plagioclásicas.

Zona de la Gloria – La Guama, Cojedes donde se presentan extensos cuerpos intrusivos de trondhjemita, muy ricos en minerales feldespáticos.

En la figura 70 se muestran las áreas productoras de mena feldespática en el país



**Figura 70: Distritos de mena feldespática en Venezuela**

En cuanto a los volúmenes de producción de mena feldespática a continuación se presentan las tablas con los valores de producción nacional y por concesión.

**Tabla 29: Producción nacional de feldespato (Miles de toneladas métricas)**

AÑO	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996
PRODUCCIÓN	220*	200*	170	142	130	125	148	160	205

(\*) Cifras estimadas, sujetas a revisión. (s/r) Sin registros

Tomado de: <http://www.camiven.org.ve/>

**Tabla 30: Producción nacional reportada de feldespato por concesión en los Años 1999 Y 2000 (en toneladas métricas, TM)**

	HATO SAN ANTONIO	GLORIA 3	GLORIA 4	MONTALBÁN	MOLISANCA II	LA GALLINETA
2000	21207,96	13739,93	13407,36	52901,27	21079,70	9158
1999	52.160,13	17.802,26	7.868,84	44.739,40	4.494,85	11.133,00

Tomado de: <http://www.camiven.org.ve/>

### **Precios de venta del material**

Los precios del feldespato en Venezuela dependen principalmente del tipo de mineral, ya sea mena feldespática o feldespato puro.

En cuanto a la mena feldespática, la cual esta conformada aproximadamente por 60% de plagioclasa sódica y 40% de cuarzo, tiene un precio que varía entre 30000 y 4000 Bs./TM FOB mina, molido a 200 mallas.

Este tipo de material se utiliza exclusivamente en la manufactura de bizcocho cerámico y en vidrio. Contiene entre 6% y 8% de óxidos de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ ) y se explota en Cojedes (Tinaquillo) y Bejuma (Carabobo)

El feldespatos puro o casi puro está compuesto de plagioclasa sódica entre 90% y 98%. El que se comercializa en Venezuela puede ser nacional o importado. El feldespatos nacional tiene un precio aproximado de 300000 Bs. /TM molido y puesto en la planta cerámica, normalmente localizada en Barquisimeto, Yaritagua, Chivacoa o Valencia. El importado (turco) tiene un precio de US \$ 300 en Puerto Cabello, molido y envasado a 200 y 300 mallas

Este feldespatos se utiliza en la fabricación del esmalte que cubre el bizcocho cerámico y contiene un contenido de óxidos de álcalis que varía entre 11% y 15%.

### PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas (Figura 71) que pueden resumirse del modo siguiente:

- Preparación de las materias primas.
- Conformación y secado en crudo de la pieza
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado
- Tratamientos adicionales
- Clasificación y embalaje

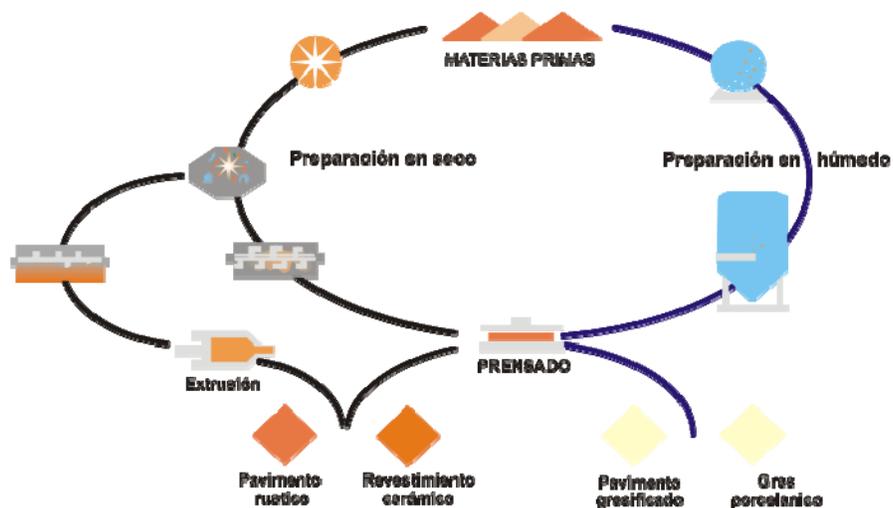


Figura 71: Diagrama de los procesos de fabricación de baldosas cerámicas

### **Preparación de las materias primas.**

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

### **Conformación y secado en crudo de las piezas.**

#### *Prensado en seco*

El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el prensado en seco (5-7% de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas.

#### *Extrusión*

Básicamente el procedimiento de conformación de pieza por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante.

#### *Secado de piezas conformadas*

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente.

### **Cocción o cocciones, con o sin esmaltado.**

En los productos no esmaltados, tras la etapa de secado se realiza la cocción. Asimismo, en el caso de productos esmaltados fabricados por bicocción, tras el secado de las piezas en crudo se realiza la primera cocción.

### *Esmaltado*

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica.

### *Esmaltes y fritas*

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinotérreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.).

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500°C) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas. La gran mayoría de los esmaltes que se utilizan en la fabricación industrial de pavimentos y revestimientos cerámicos tienen una parte fritada en mayor o menor proporción en su composición, pudiéndose tratar en algunos casos de una sola frita o de mezclas de diferentes tipos de fritas.

### **Cocción de las piezas.**

La operación de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tienen lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.

### ***Cocción única, monococción y bicocción.***

Los materiales cerámicos pueden someterse a una, dos o más cocciones. Las baldosas no esmaltadas reciben una única cocción; en el caso de baldosas esmaltadas, pueden

someterse a una cocción tras la aplicación del esmalte sobre las piezas crudas (proceso de monococción), o someterse a una primera cocción para obtener el soporte, al que se aplica el esmalte para someterlo luego a una segunda cocción (proceso de bicocción). En algunos materiales decorados se aplica una tercera cocción a menor temperatura. En ocasiones puede haber un secado adicional tras la etapa de esmaltado.

### **Tratamientos adicionales**

En algunos casos, en particular en baldosas de gres porcelánico, se realiza una operación de pulido superficial de las piezas cocidas con lo que se obtienen baldosas homogéneas brillantes no esmaltadas.

### **Clasificación y embalado.**

Con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico. La clasificación se realiza mediante sistemas automáticas con equipos mecánicos y visión superficial de las piezas. El resultado es un producto controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.

## **ANEXOS**