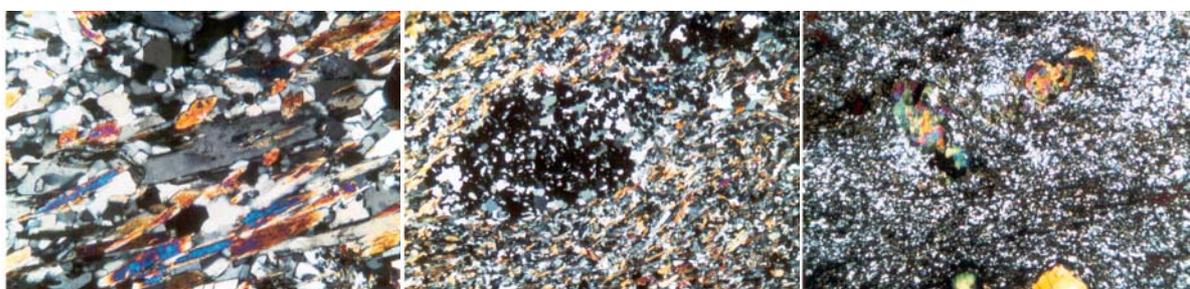




**Ministerio de Educación Superior.
Instituto Superior Minero Metalúrgico.
Facultad Geología-Minería.
Departamento de Geología.**

TRABAJO DE DIPLOMA



Titulo: Nuevos Datos Petroquímicos y Petrográficos de las Magmatitas y Metamorfitas de algunos sectores del Bloque Oriental Cubano (Sectores Moa-Baracoa y Sierra del Convento).

Autor: Ideal Francisco Blanco Quintero.

Tutor: Dr. C Antonio Rodríguez Vega.

Moa, 2003.

Año de los aniversarios gloriosos de Martí y del Moncada.

Pensamientos.

El Hombre nunca sabe de lo que es capaz, hasta que lo intenta.

Charles, Dickens.

Aunque ellos sean cien, y yo uno, no significa que tengan razón.

Albert Einstein.

Dedicatoria.

*A mis familiares y seres queridos, en especial:
A mis **Padres.***

Agradecimientos:

Deseo llegue mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron en mi formación como Ingeniero Geólogo y en el desarrollo de la presente investigación, en especial a:

- ✓ El Dr. C Antonio Rodríguez Vega (Ñico) quién a dedicado parte de su tiempo en consultas y reflexiones durante gran parte de mis años de estudio y fundamentalmente en los últimos tres meses.
- ✓ A todos los profesores que en mis cinco años como estudiante me han brindado sus conocimientos de forma desinteresada, en especial a los profesores del departamento de Geología.
- ✓ Mis padres, hermanos y demás familiares por mantener su confianza todo el tiempo en mi.
- ✓ A mis compañeros de aula, con quienes compartí momentos felices y tristes, así como agotadoras jornadas de campo.
- ✓ A los estudiantes de Geología 2000, con los que desarrolle parte de los trabajos de campo de esta investigación (Los Farallones), así como Fidel, José y Vila.

Resumen

El objetivo de la presente investigación es ofrecer nuevos datos petroquímicos y petrográficos de rocas ígneas y metamórficas de determinados sectores de marcado interés geológico dentro del Bloque Oriental Cubano, (sectores Moa-Baracoa y Sierra del Convento). Para dar cumplimiento a la investigación se realizaron diversos recorridos con el objetivo de documentar y muestrear las diferentes unidades geológicas presentes, además de esclarecer determinados aspectos geotectónicos. Con la finalidad de obtener los datos petroquímicos y petrográficos necesarios, se les determinaron las concentraciones de 11 componentes mayores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe total como Fe_2O_3 , MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 y P.I.) a 39 muestras de rocas; de estas a 11 se les determinaron los contenidos de 24 elementos traza (Ni, V, Be, Mo, As, Co, Cd, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ta, Sn, Th, Cu, Cr, Ag, B, Zn, Sb, Pb y Au) y a 10 los contenidos de 11 elementos de las Tierras Raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb y Lu). Todas las determinaciones fueron realizadas mediante el método de Fluorescencia de Rayos-X en el Laboratorio del Instituto Geominero de Portugal, dentro del marco del Proyecto Internacional de las Ofolitas y su Metalogenia, patrocinado por el programa CYTED. Los análisis petrográficos fueron realizados a 9 muestras de rocas metamórficas por el Doctor Alfred Schuster del Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, Technische Universität Clausthal. Alemania. Los datos petroquímicos y petrográficos fueron procesados e interpretados, llegándose a interesantes conclusiones con relación a las particularidades petroquímicas y marco geotectónico de las rocas investigadas.

Abstract

The objective of the present investigation is to offer new petrochemical and petrographic data of igneous and metamorphic rocks of certain sectors of marked geologic interest inside the Cuban Western Block, (sectors Moa-Baracoa and Sierra of the Convent). To give execution to the investigation they were carried out diverse journeys with the objective of documenting and to take sample of rocks the different units geologic present, besides clarifying certain geotectonic aspects. With the purpose of obtaining the petrochemical data and necessary petrographic, they were determined the biggest concentrations of 11 components (SiO_2 , Al_2O_3 , total Iron as Fe_2O_3 , MnO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 and P.I) to 39 samples of rocks; of these at 11 were determined the contents of 24 elements appearance (Neither, V, Be, Mo, Ace, Co, Cd, Rb, Sr, AND, Zr, Nb, Ba, Ta, Sn, Th, Cu, Cr, Ag, B, Zn, Sb, Pb and Au) and at 10 the contents of 11 elements of the Strange Lands (The, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb and Lu). All the determinations were carried out by means of the method of Fluorescence of Ray-X in the Laboratory of the Institute Geominero of Portugal, inside the mark of the International Project of the Ofiolitas and their Metalogenia, sponsored by the program CYTED. The analyses petrographic were carried out to 9 samples of metamorphic rocks by the Doctor Alfred Schuster of the Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, Technische Universität Clausthal. Germany. The petrochemical and petrographic data were processed and interpreted, being reached interesting conclusions with relationship to the petrochemical particularities and mark geotectonic of the investigated rocks.

Índice.	
Carátula.....	I
Pensamiento.....	II
Dedicatoria.	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.	1
Abstract.	2
Índice.	3
Introducción.	5
Capítulo I. Situación Geográfica, Características Geológicas Regionales y Particularidades Geológicas de los Sectores de Estudio.....	7
1.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	7
1.2 Características Geológicas Regionales.	8
1.2.1 Introducción.	8
1.2.2 Trabajos Precedentes.....	8
1.2.3 Geología Regional.....	10
1.2.4 Tectónica.....	12
1.3 Geología de Moa-Baracoa.....	13
1.4 Geología de Sierra del Convento.....	22
1.5 Consideraciones finales.....	24
Capítulo II Metodología y volumen de los trabajos realizados.....	29
Introducción.....	29
2.2 Recopilación de la información.....	29
2.3 Trabajos de campo.....	30
2.3.1 Cartografía geológica de Farallones.....	31

2.4 Trabajos de laboratorio.....	32
2.4.1 Preparación de las muestras.....	32
2.4.2 Análisis Petroquímicos.....	33
2.4.3 Análisis Petrográficos.....	34
Capítulo III: Interpretación de los Resultados Obtenidos.....	35
3.1 Introducción.....	35
3.2 Interpretación de los datos petroquímicos.....	35
3.2.1 Interpretación de los datos petroquímicos del sector Moa-	
Baracoa.....	37
Gabros.....	37
Las “Peridotitas impregnadas”.....	44
Rocas Volcánicas.....	50
Rocas gabro-diabásicas del “complejo Cerrajón”.....	53
3.2.2 Interpretación de los datos petroquímicos del sector Sierra del	
Convento.....	56
Anfibolitas (Metagabros).....	56
Esquistos glaucofánicos y otras rocas metamórficas de Sierra del	
Convento.....	59
Granitoides.....	61
3.3 Análisis de los datos petrográficos.....	64
Meta-gabros.....	64
Metavulcanitas (Esquistos Glaucofánicos).....	67
Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	73
Bibliografía.....	74

INTRODUCCIÓN.

El territorio Oriental de Cuba es reconocido por su complejidad geológica. El estudio de los ambientes de formación de las rocas y los fenómenos geológicos que han afectado a estas en el tiempo, son aspectos poco estudiados en la actualidad; en ocasiones interpretados erróneamente por diversos especialistas, lo que dificulta la caracterización de determinados rasgos que sobre la roca aparecen.

El presente trabajo de diploma titulado **“Nuevos Datos Petroquímicos y Petrográficos de las Magmatitas y Metamorfitas de algunos sectores del Bloque Oriental Cubano (Sectores Moa-Baracoa y Sierra del Convento)”** tiene como objetivo fundamental dar a conocer nuevos datos petroquímicos y petrográficos de las rocas distribuidas en algunos sectores de marcado interés geológico en el Bloque Oriental Cubano y su implicación (o su importancia) en el conocimiento de los ambientes geológicos que se manifiestan en estas áreas.

Esta temática surge por la necesidad de profundizar en el conocimiento de los ambientes geotectónicos que se manifiestan en el Bloque Oriental Cubano. Para ello se parte de la hipótesis de que las rocas originadas en determinados ambientes geotectónicos se caracterizan por presentar determinados rasgos geoquímicos y petrológicos que se reflejan en la composición mineralógica, textura y distribución de los elementos mayores, traza y tierras raras.

Para dar cumplimiento a la investigación se realizaron diversos recorridos con el objetivo de documentar y muestrear las diferentes unidades geológicas presentes, además de esclarecer determinados aspectos geotectónicos. Con la finalidad de obtener los datos petroquímicos y petrográficos necesarios, se les determinaron las concentraciones de 11 componentes mayores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe total como Fe_2O_3 , MnO, CaO, MgO, Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 y P.I) a 39 muestras de rocas; de estas a 11 se les determinaron los contenidos de 24 elementos traza (Ni, V, Be,

Mo, As, Co, Cd, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ta, Sn, Th, Cu, Cr, Ag, B, Zn, Sb, Pb y Au) y a 10 los contenidos de 11 elementos de las Tierras Raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb y Lu). Todas las determinaciones fueron realizadas mediante el método de Fluorescencia de Rayos-X en el Laboratorio del Instituto Geominero de Portugal, dentro del marco del Proyecto Internacional de las Ofiolitas y su Metalogenia, patrocinado por el programa CYTED.

Los análisis petrográficos fueron realizados a 9 muestras de rocas metamórficas por el Doctor Alfred Schuster del Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, Technische Universität Clausthal. Alemania. Los datos petroquímicos y petrográficos fueron procesados e interpretados, llegándose a interesantes conclusiones con relación a las particularidades petroquímicas y marco geotectónico de las rocas investigadas.

La tesis está estructurada en tres capítulos, uno dedicado a la parte general y dos a la parte especial. La memoria escrita consta de 77 páginas, 16 figuras, 15 tablas, 4 fotos y fue escrita en Word 2000, a espacio y medio, fuente *Arial*, tamaño 12. Los *Software* profesionales empleados durante la realización del trabajo fueron *Surfer*, *Excel*, *TeleMap* y *Mapinfo*.

Capítulo I. Situación Geográfica, Características Geológicas Regionales y Particularidades Geológicas de los Sectores de Estudio.

1.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

1.2 Características Geológicas Regionales.

1.2.1 Introducción.

1.2.2 Trabajos Precedentes.

1.2.3 Geología Regional.

1.2.4 Tectónica.

1.3 Geología de Moa-Baracoa.

1.4 Geología de Sierra del Convento.

1.5 Conclusiones.

1.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicada hacia el extremo oriental de la Isla de Cuba, ocupando parte de las provincias de Holguín y Guantánamo (figura 1.1). Dentro de esta área se le prestará una atención especial a dos grandes sectores, en los que se han llevado a cabo la mayoría de las investigaciones, atendiendo a que los mismos son los que despiertan el mayor interés desde el punto de vista geológico para la investigación que se desea realizar. El más grande e importante de estos sectores ocupa la región comprendida entre Moa y Baracoa, en las provincias de Holguín y Guantánamo, limitada por las siguientes coordenadas Lambert :

X : 687000-721000; Y: 205000-228000.

El otro sector de mayor interés se corresponde geográficamente con la denominada Sierra del Convento, situada hacia la costa sur del extremo oriental de la Isla de Cuba en las inmediaciones de los poblados de Imías y San Antonio del Sur , en la provincia de Guantánamo, limitada por las siguientes coordenadas Lambert:

X: 159000-169000; Y: 712000-726000 .

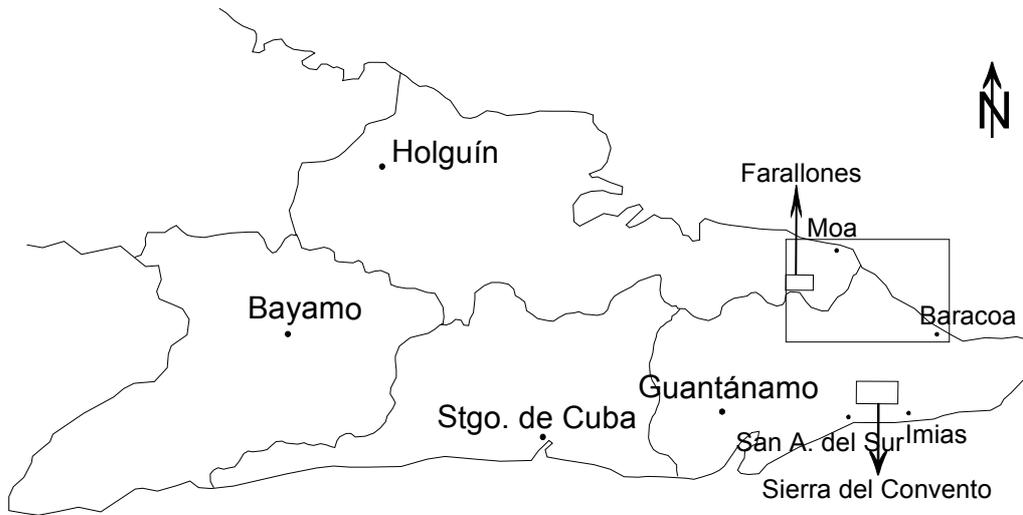


Figura 1.1 Mapa de Ubicación Geográfica.

1.2 Características Geológicas Regionales.

1.2.1 Introducción

Desde el punto de vista geológico el área se encuentra dentro de los límites del denominado Bloque Oriental Cubano, el cual es el más oriental de los tres grandes bloques que constituyen la estructura geológica cubana, con límites muy bien definidos por los siguientes sistemas de fallas regionales (figura 1.2):

- Sistema de fallas Cauto-Nipe al oeste-noroeste.
- Falla transformantes de Bartlet al sur.
- Falla de Sobrecorrimiento Sabana al norte.

Estas fallas se cortan formando un triángulo. Además el Bloque Oriental Cubano esta muy cerca del limite entre las Placas Norte Americana y Caribe; posición esta que lo hace muy vulnerable a movimientos sísmicos.

1.2.2. Trabajos Precedentes.

El Bloque Oriental Cubano presenta características geológicas muy particulares dentro del marco de la estructura geológica cubana. Dentro de las principales investigaciones encaminadas al estudio de la estructura geológica cubana en general y del Bloque Oriental Cubano en particular se destacan las realizadas por

los siguientes geólogos extranjeros (desde principio del siglo XX hasta finales de la década del 80):

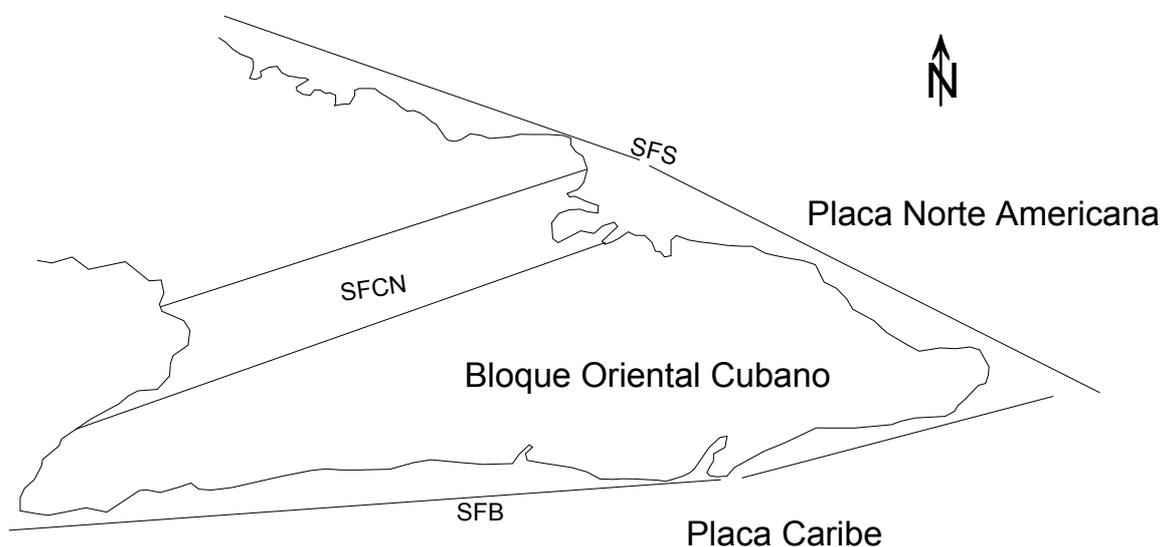


Figura 1.2 Mapa de Ubicación Geológica. Nombre de los Sistemas de Fallas: SFS, Sistema de Falla Sabana; SFB, Sistema de falla Bartlett; SFCN, Sistema de Fallas Cauto-Nipe.

Hayes, C. W.; Vaughan, T. W. Y Spencer, A. C. fueron los primeros geólogos norteamericanos que realizaron estudios geológicos en la parte oriental de la Isla de Cuba. Publicaron en el 1901 su "Informe sobre investigaciones geológicas en Cuba", donde tratan las diferentes estructuras geológicas de la antigua provincia de Oriente.

A inicios de la década del treinta fueron publicados varios trabajos de Taber, S. quien realizó la división tectónica de la región de la Sierra Maestra y sus áreas aledañas.

Adamovich y V. Chejovich, dos investigadores soviéticos que trabajaron en los primeros años de la década del 60, los cuales elaboraron un mapa geológico a escala 1: 250 000 sobre la base de interpretaciones fotogeológicas y marchas de reconocimiento geológico, realizaron además investigaciones y reconstrucciones paleogeográficas.

En los 25 últimos años numerosos geólogos cubanos han encaminado sus investigaciones hacia la profundización del conocimiento de las particularidades geológicas de este bloque, destacándose las siguientes:

Cobiella, J. L. desarrollo en 1978 su tesis doctoral relacionada con la estratigrafía y paleogeografía del Paleógeno de Cuba Oriental.

Quintas, F. también realizó su tesis doctoral (1989) en áreas pertenecientes al Bloque Oriental Cubano, en este caso fue un análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Con esta investigación desarrollo el concepto de AEF, enunciándolo de la siguiente forma “conjunto rocoso de características estructurales y estratigráficas ligadas generalmente a una unidad tectónica dada y que son representativos del desarrollo de la corteza terrestre en una región determinada”. Hay que destacar que el mismo tiene cierta relación con el de formación utilizados por los geólogos rusos.

Blanco, J y Proenza, J. desarrollaron en 1993 una investigación en todo el Bloque Oriental Cubano, dividiendo a este en terrenos tectono-estratigráficos.

Iturralde-Vinent, M. realizó en 1996 una nueva sistematización para toda Cuba, incluyendo el Bloque Oriental Cubano, esta división es la más reciente e integral de todas las desarrolladas hasta el momento.

1.2.3 Geología regional.

En 1996, Iturralde-Vinent , reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neoautóctono.

El cinturón plegado, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizado de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas.

En Cuba Oriental las unidades continentales están representadas por el Terreno Asunción, compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, la Fm. Sierra Verde y la Fm. La Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente, del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de estas investigaciones.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno. El neoaútóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

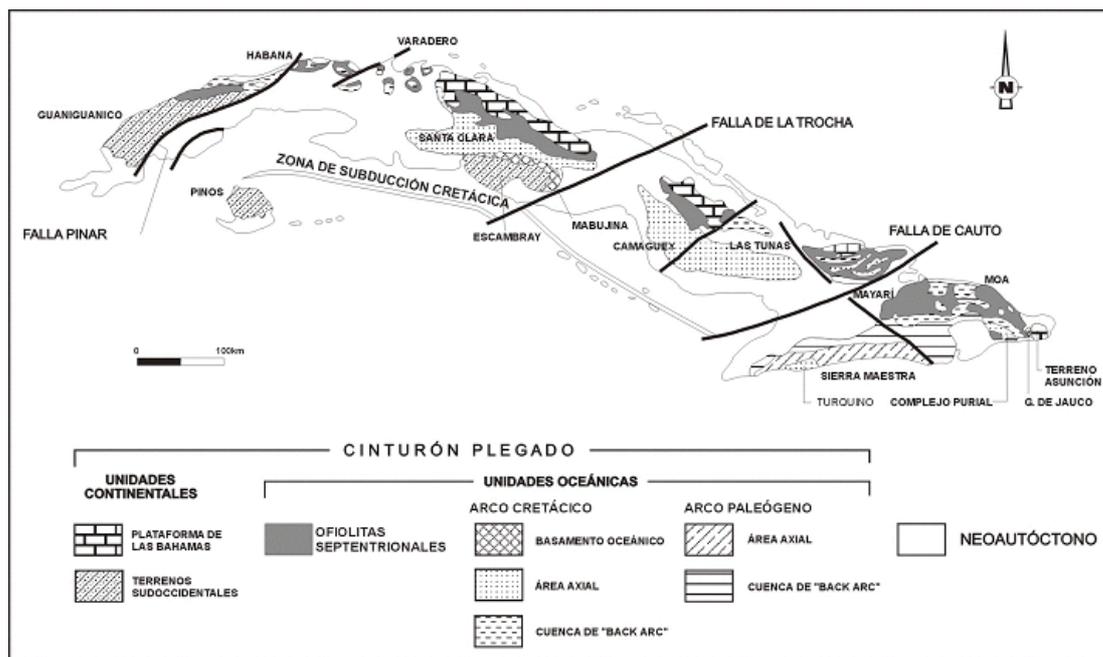


Figura 1.3 Mapa geológico Esquemático de Cuba mostrando los afloramientos del cinturón plegado y del neoaútóctono (adaptado de Iturralde-Vinent, 1996a).

Esta última concepción es la más generalizadora de todas las empleadas hasta el momento, incluyendo en ella las anteriores realizadas. Hay que destacar que dentro de las unidades oceánicas del cinturón plegado se enmarca nuestra investigación.

1.2.4 Tectónica.

El Bloque Oriental Cubano (ver Figura 1.2), comprendido desde la falla Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la isla, presenta una tectónica caracterizada por su alta complejidad, dado por la ocurrencia de eventos de diferentes índoles que se han superpuesto en el tiempo y que han generado estructuras que se manifiestan con variada intensidad e indicios en la superficie (Rodríguez, A. 1998a, 1998b).

Este bloque se caracteriza por el amplio desarrollo de la tectónica de cabalgamiento que afecta las secuencias más antiguas (Campos, 1983).

Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste, que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y microbloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por acción de las fuerzas tangenciales que los afecta como resultado de la compresión (Campos, 1983, 1990; Rodríguez, A. 1998a, 1998b). También se observan dislocaciones de plegamientos complejos, sobre todo en la cercanía de los contactos tectónicos (Campos, 1983, 1990).

En las secuencias más antiguas (rocas metamórficas y volcánicas), de edad mesozoica, existen tres direcciones fundamentales de plegamientos: noreste-suroeste; noroeste-sureste y norte-sur, esta última, característica para las vulcanitas de la parte central del área. Las deformaciones más complejas se observan en las rocas metamórficas, en la cual en algunas zonas aparecen fases superpuestas de plegamientos (Campos, 1983, 1990).

A fines del Campaniano Superior - Maestrichtiano ocurre la extinción del arco volcánico cretácico cubano, iniciándose la compresión de sur a norte que origina, a través de un proceso de acreción, el emplazamiento del complejo ofiolítico según un sistema de escamas de sobrecorrimiento con mantos tectónicos altamente dislocados de espesor y composición variable. Los movimientos de compresión hacia el norte culminaron con la probable colisión y obducción de las

paleounidades tectónicas del Bloque Oriental Cubano sobre el borde pasivo de la Plataforma de Bahamas.

En las rocas paleogénicas y eocénicas la dirección de plegamiento es este-oeste, mientras que las secuencias del Neógeno poseen yacencia monoclinas u horizontal (Campos, 1983, 1990).

Los movimientos verticales son los responsables de la formación del sistema de Horts y Grabens que caracterizan los movimientos tectónicos recientes, pero hay que tener en cuenta la influencia que tienen sobre Cuba Oriental los desplazamientos horizontales que ocurren a través de la falla Oriente (Bartlett-Caimán) desde el Eoceno Medio-Superior [Draper y Barros, 1994], que limita la Placa Norteamericana con la Placa del Caribe, generándose un campo de esfuerzos de empuje con componentes fundamentales en las direcciones norte y noreste (Rodríguez, A, 1999), que a su vez provocan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el Bloque Oriental Cubano.

1.3 Geología de Moa-Baracoa.

En la región Sagua-Moa-Baracoa afloran las secuencias rocosas pertenecientes al cinturón plegado cubano y las rocas del “neoautóctono” (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 2000) En la Figura 1.4 se presenta el mapa geológico de esta región y sus áreas aledañas.

El cinturón plegado está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998).

En la región de estudio están bien representadas las unidades oceánicas, constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno.

El neautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

A continuación se describen los rasgos más importantes de dichas secuencias.

Ofiolitas septentrionales: Las rocas típicas de la secuencia ofiolítica están ampliamente representadas en toda la región de estudio, formando parte del Macizo Moa-Baracoa, este se ubica en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa. El mismo ocupa un área aproximada de 1500 Km² y presenta un desarrollo considerable de los complejos ultramáfico, de gabros y volcansedimentario (Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b, 1999c, 2000). Según Fonseca y otros (1985) el espesor aproximado del complejo ultramáfico es de 1000 metros y el de gabros de 500 metros. Quintas (1989) estima un espesor de 1200 metros para el complejo volcansedimentario.

El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas; también se han descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas, y piroxenitas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985, 1992, Torres, 1987; Andó y otros, 1989; García y Fonseca, 1994; Proenza y otros, 1999a, 1999b).

Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos con dimensiones entre 1 y 3 Km de ancho, por 10 a 15 Km de longitud. El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca y otros, 1985; Torres, 1987; Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 1999b; Rodríguez, R. 2000). En el área de estudio el más común es el gabro bandeado o modalmente transicional, cuyas bandas tienen una foliación concordante con el complejo de tectonitas. Las bandas son de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal. Los gabros isotrópicos al parecer no se desarrollan o están muy mal representados. En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes.

El complejo de diques de diabasas está muy mal representado, razón por la cual puede inferirse una expansión (spraeiding) lenta de la corteza oceánica. Las diabasas descritas en la región aparecen principalmente en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo (Torres, 1987).

El complejo volcano-sedimentario contacta tectónicamente con los demás complejos del corte ofiolítico (Proenza, 1997; Proenza y otros, 1999a, 2000). Está representado por la Fm. Quiviján (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998) la cual incluye basaltos amigdaloides y porfíricos (algunas veces con estructura de almohadilla), con intercalaciones de hialoclastitas, tobas, capas de *cherts* y calizas (Quintas, 1989). Datos de trazas (REE, LILE) de esta formación, publicados por Keer y otros (1999) demuestran su carácter de *Island-arc tholeiite* (IAT). Este complejo aflora en la región de Farallones, al sur de Yamanigüey y en un pequeño bloque en Cupey.

Arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco)

Esta unidad está ampliamente desarrollada en la región, representadas por las rocas de las formaciones Téneme, Santo Domingo, así como del Complejo Cerrajón.

La Fm. Téneme (Cretácico Superior-Inferior), está compuesta fundamentalmente por flujos de basaltos, andesitas basálticas, tobas y brechas (Proenza y Carralero, 1994; Iturralde-Vinent, 1996c, 1998; Gyarmati y otros, 1997). Se encuentra en las cuencas de los ríos Cabonico y Téneme y en la región de Moa. Aunque se han aportado pocos datos geoquímicos de estas rocas, algunos autores consideran que la Formación Téneme pudiera ser parte de un antiguo arco de isla Tipo PIA (Torres y Fonseca, 1990; Lebron y Perfit, 1994).

La Fm. Santo Domingo (Albiano-Turoniano) está compuesta por tobas y lavobrechas andesíticas, dacitas, tufitas, argilitas, lutitas volcanomícticas, lavas basálticas, liparitodacíticas, conglomerados y calizas. También aparecen pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas (Iturralde-Vinent, 1976, 1996c, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Gyarmati y otros, 1997) se incluyen

en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo, que afloran en la localidad de Centeno. Aflora además hacia la parte centro occidental (al norte y sur de la Sierra Cristal), en la parte alta de la cuenca del río Sagua y en la región de Farallones-Calentura. Los materiales de la Fm. Santo Domingo se encuentran imbricados tectónicamente con las ofiolitas de la Faja Mayarí-Baracoa. Muchas veces los contactos coinciden con zonas que presentan una mezcla de bloques de vulcanitas pertenecientes al arco y de ofiolitas (Iturralde-Vinent, 1996c).

El complejo Cerrajón (Aptiano-Turoniano) está compuesto de diques subparalelos de diabasas y gabrodiabasas (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Gyarmati y otros, 1997).

La actividad volcánica se extendió desde el Aptiense al Campaniense Medio (Iturralde-Vinent, 1994, 1996c) y fue el resultado de una subducción intraoceánica. Restos de este basamento ofiolítico del arco afloran actualmente y están representados por las anfibolitas de la Formación Güira de Jauco, al sur de la región de estudio (Millán, 1996; Iturralde-Vinent, 1996c).

En la zona de contacto de estas rocas cretácicas con las ofiolitas, las mismas se encuentran deformadas, generalmente trituradas hasta brechas. En ocasiones los contactos coinciden con zonas muy fisuradas y foliadas, o con masas caóticas que contienen mezcla de bloques de ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Iturralde-Vinent, 1996c, 1998; Cobiella, 2000).

Cuencas de "piggy back" del Campaniense Tardío-Daniense

En el Campaniense medio, culminó la actividad volcánica y comenzaron los procesos de cabalgamiento de las secuencias volcánicas generadas y de las ofiolitas del mar marginal (obducción) sobre el borde meridional de la Plataforma de Las Bahamas. En estas condiciones de inestabilidad tectónica se desarrollaron una serie de cuencas, que se comportaron como cuencas de "piggy back" (también denominadas "cuencas superpuestas de primera generación"; Quintas, 1989). De este estadio son representativas las formaciones sedimentarias Mícara, La Picota y Gran Tierra.

Dentro de las mismas se encuentran secuencias típicamente olistostrómicas como es el caso de la Fm. La Picota (Maestrichtiano) y parte de la Fm. Mícara (Maestrichtiano-Paleoceno), las cuales están compuestas por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y de las rocas volcánicas cretácicas (Cobiella, 1978a, 1978b, 2000; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990). Por otro lado, la Fm. Gran Tierra (Paleoceno) se compone de calizas brechosas, conglomerados volcanomícticos, brechas, margas, tobas, calizas organo-detríticas, areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, lutitas y tufitas (Iturralde-Vinent, 1976; Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989). En algunas localidades los depósitos Maestrichtiano-Daniano de tipo olistostrómico-flyschoide (formaciones Mícara y La Picota) transicionan a la secuencia del Daniano-Eoceno Superior (formaciones Gran Tierra, Sabaneta, Charco Redondo y San Luis) (Iturralde-Vinent, 1996b, 1998; Cobiella, 2000).

El área de afloramiento de la formación Mícara es muy diversa, aflorando en los flancos meridionales de la sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, Mayarí Arriba, Sector de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores. La formación La Picota tiene una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. Existen dudas acerca de su pertenencia a esta formación o si son brechas tectónicas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges. Aflora en los flancos meridionales de la Sierra del Cristal, cuenca de Sagua de Tánamo, la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes. La formación Gran Tierra es una secuencia terrígeno-carbonatada que aflora en los flancos meridionales de la sierra de Cristal. En las rocas arcillosas y margosas de esta formación se han registrado los primeros vestigios del vulcanismo paleogénico en forma de tobas.

En consecuencia, estas formaciones constituyen un registro temporal del proceso de emplazamiento tectónico (obducción) de las ofiolitas, el cual estuvo enmarcado en el tiempo de desarrollo de estas cuencas.

Arco de islas volcánico del Paleógeno (Neoarco)

Entre el Paleoceno-Thanetiense y el Eoceno Medio Inferior se desarrolló otro régimen geodinámico de arco de islas volcánicas en Cuba. Esta actividad volcánica estuvo restringida fundamentalmente a la parte oriental de la isla, y en nuestra zona se considera como materiales distales del vulcanismo paleogénico. Estas secuencias están compuesta por tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, lutitas, margas, gravelitas, conglomerados volcanomícticos y algunos cuerpos de basaltos, andesitas, y andesitas-basálticas, los cuales alcanzan hasta 6000 m de espesor (Formación Sabaneta) (Iturralde-Vinent, 1976, 1995, 1996d, 1998; Cobiella, 1988, 1997, 1998; Proenza y Carralero, 1994; Quintas y otros, 1995) la cual yace sobre una secuencia de transición que contiene finas intercalaciones de tufitas (Fm. Gran Tierra) (Iturralde-Vinent, 1976) o descansa discordantemente sobre las formaciones Mícara y La Picota, y sobre las ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Nagy y otros, 1983). Albear y otros (1988) dividen esta formación en Castillo de los Indios (Eoceno Inferior-Medio) y Miranda (Paleoceno-Eoceno), mientras que Gyarmati y Leyé O'Connor (1990) la dividen en Sabaneta y Castillo de los Indios. Todas ellas con características similares.

En Farallones el corte está compuesto por tobas vitroclásticas y cristalolitoclasticas zeolitizadas, en menor grado argilitizadas, tufitas, calizas, radiolaritas, tobas vítreas y tobas cineríticas.

Las calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación. La estratificación es buena, siendo frecuentemente gradacional. En los Indios de Cananova, en la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad Paleoceno-Daneano. Esta formación aflora en los flancos septentrional y meridional de la Sierra Cristal, en la cuenca de Sagua de Tanámo, en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y en un pequeño bloque en Yamanigüey. Las rocas pertenecientes al arco de isla volcánico del Paleógeno yacen sobre los materiales deformados del arco Cretácico, las ofiolitas y las cuencas de *piggy back* del Campaniano Tardío-Daniano (Proenza y otros, 1998).

Cuencas de "piggy back" del Eoceno Medio-Oligoceno

En el Eoceno Medio Inferior concluyó la actividad volcánica paleógena. A partir de este momento y hasta el Oligoceno se desarrolló un segundo estadio de cuencas de *piggy back* (Quintas y Blanco, 1993) en las cuales se depositaron espesores considerables de materiales terrígenos y carbonatados. Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por las formaciones Puerto Boniato, Charco Redondo, Sagua, Sierra de Capiro, Cilindro, Mucaral, y Maquey.

La Fm. Puerto Boniato (Eoceno Medio) se compone principalmente de calizas organo-detríticas, aporcelanadas, algaceas y margas (Nagy y otros, 1976), mientras que la Fm. Sagua está compuesta por margas y calizas (Albear y otros, 1988; Quintas, 1989, 1996).

La Fm. Charco Redondo (Eoceno Medio) está compuesta por calizas compactas organo-detríticas, fosilíferas, de color variable. En la parte inferior del corte son frecuentes las brechas. En esta parte predomina la estratificación gruesa, mientras que en la superior la fina (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989, 1996; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Sierra de Capiro (Eoceno Superior) se compone de lutitas y margas con intercalaciones de lutitas y conglomerados con fragmentos de calizas arrecifales, serpentinitas y rocas volcánicas (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990). Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa.

La Fm. Cilindro (Eoceno Medio-Superior) se conforma de conglomerados polimícticos con estratificación lenticular y a veces cruzadas, débilmente cementada con lentes de areniscas que contienen lignito. La matriz es arenítica polimíctica, conteniendo carbonato (Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Crespo, 1996).

La Fm. Mucaral (Eoceno Medio-Oligoceno Inferior) está compuesta por margas con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados

polimícticos, lutitas y tobas (Cobiella, 1983; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

La Fm. Maquey (Oligoceno-Mioceno Inferior) está conformada fundamentalmente por alternancia de lutitas, areniscas, arcillas calcáreas y espesor variable de calizas biodetríticas (Cobiella, 1978a, 1978b; Quintas, 1989; Crespo, 1996).

El "Neoautóctono" (Materiales post-Eoceno)

El "neoautóctono" está constituido por formaciones sedimentarias depositadas en régimen de plataforma continental que yacen discordantemente sobre las unidades del "cinturón plegado". Las rocas del "neoautóctono" constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada poco deformada que aflora en las cercanías de las costas formando una franja que cubre discordantemente los complejos más antiguos y que estructuralmente se caracterizan por su yacencia monoclinas suave u horizontal (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1994, 1996b; Crespo, 1996; Rodríguez, 1998a, 1998b). Son representativas de esta secuencia las formaciones Cabacú, Yateras, Jagüeyes, Majimiana, Júcaro, Río Maya y Jaimanitas.

La Fm. Cabacú (Oligoceno Medio-Mioceno Inferior) está compuesta por gravelitas, areniscas y lutitas polimícticas (proveniente principalmente de ultramafitas y vulcanitas) de cemento débilmente arcilloso-calcáreo y a veces algunos lentes de margas arcillosas en la parte inferior (Nagy y otros, 1976; Quintas, 1989; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990; Crespo, 1996).

La Fm. Yateras (Mioceno Inferior) se compone de alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biógenas de granos finos a gruesos, duras, de porosidad variable y a veces aporcelanadas (Iturralde-Vinent, 1976; Nagy y otros, 1976; Cobiella, 1978a, 1978b; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990; Manso, 1995; Crespo, 1996).

La Fm. Jagüeyes (Mioceno Medio Temprano) se compone de lutitas, areniscas, gravelitas polimícticas de matriz arenácea y arcillosa, con escaso cemento carbonático y margas arcillosas y arenáceas. Esta formación se caracteriza por ser fosilífera, en la cual alternan calizas biodetríticas, biohémicas, calcarenitas y

arcillas. Las arcillas y lutitas pueden ser yesíferas (Nagy y otros, 1976; Albear y otros, 1988; Manso, 1995).

La Formación Majimiana está constituida por calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa. Se presenta en forma de franja paralela al litoral, con un relieve poco accidentado representado por pequeñas colinas onduladas de poca pendiente.

La Fm. Júcaro (Mioceno Superior-Plioceno) está compuesta por calizas generalmente arcillosas, calcarenitas, margas, lutitas, a veces con gravas polimícticas y arcillas yesíferas (Nagy y otros, 1976; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990; Manso, 1995). Esta formación aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

La Fm. Río Maya (Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior) se conforma de calizas biohémicas algáceas y coralinas muy duras, de matriz micrítica, frecuentemente aporcelanadas, conteniendo corales en posición de crecimiento, así como subordinadamente moldes y valvas de moluscos, todas muy recristalizadas. Las calizas frecuentemente están dolomitizadas. El contenido de arcillas es muy variable (Nagy y otros, 1976; Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

La Fm. Jaimanitas (Pleistoceno Medio-Superior) se compone de calizas biodetríticas masivas, generalmente carsificadas, muy fosilíferas. Contiene conchas bien preservadas y corales de especies actuales y ocasionalmente biohermas (Gyarmati y Leyé O'Conor, 1990).

Con los trabajos de campo realizados en el área de farallones se construyó el mapa geológico de la región (Figura 1.5), acompañado de un perfil (Figura 1.6) y columna geológica (Figura 1.7). Los mismos se incluyen en este capítulo pues forman parte de la geología del sector Moa-Baracoa, aunque luego hablaremos de estos trabajos realizados.

1.4 Geología de Sierra del Convento.

Las características geológicas de esta área son complejas, pues se distribuyen diferentes litologías con relaciones tectónicas y distribución heterogénea. En ella se desarrolla la llamada melange Sierra del Convento (ofiolítica) representados por ultramafitas en mayor o menor grado serpentinizadas, peridotitas, metamorfitas Macambo, el grupo Sierra del Purial (Hernández 1995), y rocas marinas sedimentarias postpaleogenicas (ver Figura 1.8)

Metamorfitas Macambo: Se localizan al sur-oeste de la Sierra del Purial, en las localidades Macambo y San Antonio del Sur. Según trabajos realizados por Kulachkov y Leyva (1990) las metamorfitas Macambo se disponen en áreas periféricas alrededor de las serpentinitas, ubicándose hipsométricamente en un nivel más debajo de estas. También es de destacar que estas metamorfitas tienen un desarrollo mucho más amplio de lo que se conocía hasta ese momento, distribuyéndose en cuatro campos aislados:

- En la cuenca del río Sabanalamar (cerca de 1,7 Km²)
- Alrededor del pueblo el Palenque (7 Km²)
- Al sur de la localidad Paso de las Yeguas (2 Km²)

Cerca del pueblo Posango (1,3 Km²)

Estas rocas están compuestas principalmente por anfibolitas presentando además eclogitas, esquistos glaucofánicos, filones de cuarzo y otras rocas de apariencia granítica. Fueron descritas por Millán (1992) como bloques de metamorfitas de alta presión cementados por una serpentinita cizallada, cuyo conjunto aparece incluido dentro de un cuerpo de serpentinita. Se destacan, según este mismo autor anfibolitas melanocráticas con clinozoicitas, mica blanca y granate, que conservan restos de estructuras magmáticas y de grandes cristales de piroxeno, estas a veces aparecen cortadas por unos metagranitoides zoisíticos. También afloran rocas zoisíticas, clinopiroxeno-Zoisíticas y bandeadas, esquistos glaucofánicos,

esquistos jadeíticos, rocas eclogíticas, metasilicitas granatíferas, hornblenditas densas y antigoriticas.

Ultramafitas: Son de colores verdes oscuros y grises, a veces algo azuladas, la estructura es variable desde masivas hasta brechosas y esquistosas. En secciones delgadas se han determinado minerales del grupo de la serpentina (antigoritas y crisotilo), en ocasiones se encuentran talcificadas, como minerales accesorios se observan menas metálicas (piritita y magnetita) y esfena. Prácticamente en estas rocas hay ausencia de minerales relictos lo que dificulta establecer su pertenencia a una de las ultramafitas, estando generalmente muy tectonizadas (Hernández y Canedo, 1995).

También afloran en el melange serpentinitico peridotitas, aunque escasas representadas por minerales del grupo de la serpentina y en menor medida clinopiroxenos, los cuales se encuentran anfibolitizados y ortopiroxenos bastitizados. Las relaciones de contacto entre las rocas de la Fm. Macambo y las serpentinitas no se conoce en la actualidad de una manera cierta.

Grupo Sierra del Purial: Aflora en la parte norte del distrito y cubre tectónicamente a las metamorfitas Macambo. Fue propuesto por vez primera por Quintas (1988), esta denominación es informal. Esta compuesto por secuencias de rocas vulcanogenas sedimentarias, generalmente metamorfizadas en la facie de los esquistos verdes, localmente pueden presentarse no metamorfizadas. La estructura interna de este grupo es bastante compleja, su variedad litológica esta representada por rocas volcánicas de composición basáltica, andesítica hasta riolíticas. Es necesario señalar la existencia dentro del grupo Sierra del Purial de algunas capas de mármol, con espesor de hasta 50 m.

Cobertura sedimentaria: Hacia el sur del área afloran rocas sedimentarias fundamentalmente. En la parte mas meridional se encuentran rocas terrígenas, areniscas de grano fino y grueso, que pudieran ser correlacionadas con la Fm. San Ignacio. Luego en dirección norte aparecen calizas, pertenecientes la Fm.

Yateras (Mioceno Inferior), que se compone de alternancia de calizas biodetríticas y detríticas y calizas biógenas de granos finos a gruesos, duras, de porosidad variable y a veces aporcelanadas (Iturralde-Vinent, 1976; Nagy y otros, 1976; Cobiella, 1978a, 1978b; Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990; Manso, 1995; Crespo, 1996).

1.5 Consideraciones finales.

Al estudiar la geología regional del Bloque Oriental Cubano y luego la particular de estos sectores observamos la complejidad que presenta esta región dentro de la estructura geológica cubana. Complejidad que se ve representada por las secuencias de rocas presentes y sus relaciones espaciales y temporales. Al introducirse la concepción movilista se dio paso a una nueva interpretación geólogo-tectónica regional, pero en la actualidad todavía no existe una clara explicación de algunos eventos.

En ocasiones quizás faltan datos precisos para resolver esta tarea.

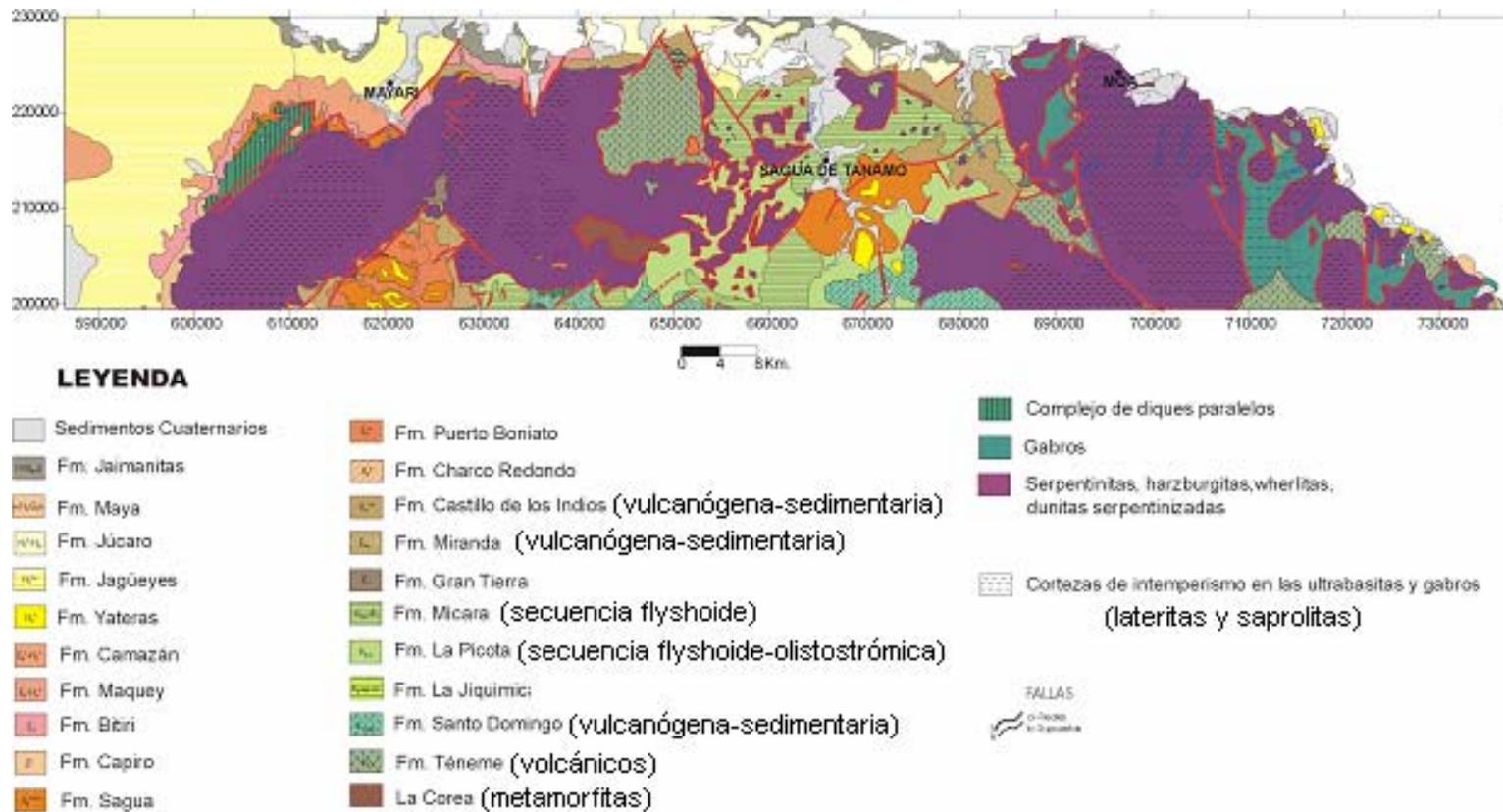
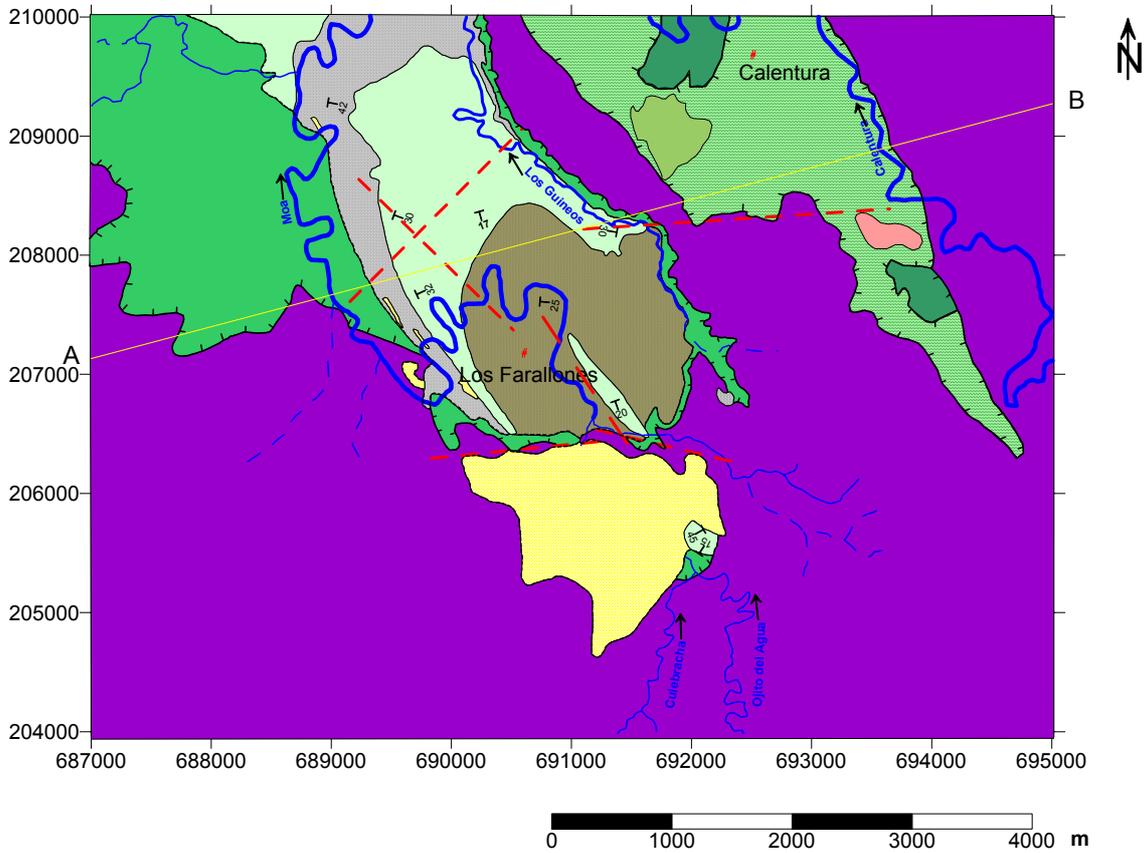


Figura 1.4 Mapa Geológico de la Región de Moa-Baracoa. (Modificado de Albear y otros, 1988)



Legenda

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Fm. Sabaneta. Miembro Superior, terrígeno. Areniscas. Fm. Sabaneta. Miembro Inferior, vulcanogeno-sedimentario. Tobas. Fm. Gran Tierra. Miembro Superior, terrígeno. Areniscas. Fm. Gran Tierra. Miembro Inferior, carbonatado. Calizas. Rocas volcánicas con intercalaciones de silicitas, calizas y arcillas.
a) Basaltos, b) Silicitas y c) Calizas y Arcillas. Complejo Cerrajón. Gabros y Diabasas. Gabros Peridotitas | <ul style="list-style-type: none"> Ríos Dirección de los ríos. Poblados. Fallas de cabalgamiento. Discordancias. Fallas Supuestas. |
|---|---|

Figura 1.5 Mapa Geológico de Farallones.

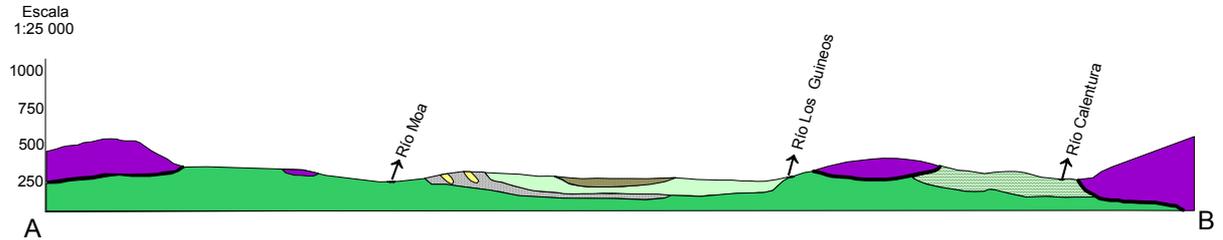
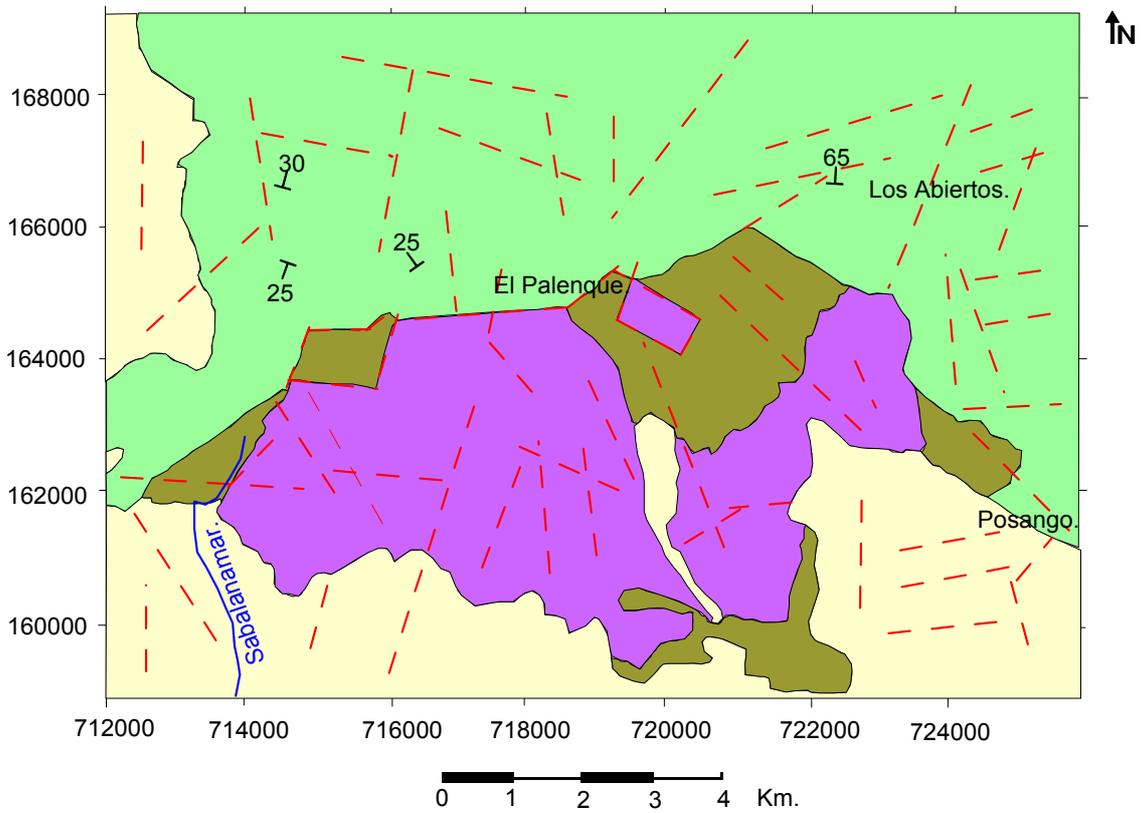


Figura 1.6 Perfil geológico en la dirección A-B.



Figura 1.7 Columna geológica tentativa del área de Farallones.



Simbología.

-  Fm. Sierra del Purial.
-  Metamorfitas Macambo.
-  Serpentinitas.
-  Cobertura Sedimentaria.
-  Fallas Supuestas.

Figura 1.8 Mapa geológico de Sierra del Convento. (Modificado de Leiva y otros 1998).

Capítulo II Metodología y volumen de los trabajos realizados.

2.1 Introducción.

2.2 Recopilación de la información.

2.3 Trabajos de campo.

2.3.1 Cartografía geológica de Farallones.

2.4 Trabajos de laboratorio.

2.4.1 Preparación de las muestras.

2.4.2 Análisis Petroquímicos.

2.4.3 Análisis Petrográficos

2.1 Introducción.

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la metodología empleada durante el estudio de los nuevos datos petrográficos y petroquímicos de las rocas ígneas y metamórficas de algunos sectores de marcado interés geológico del Bloque Oriental Cubano, se ofrecen datos acerca del volumen de trabajos realizados y las técnicas empleadas durante el desarrollo de la investigación.

La investigación se llevo a cabo en tres etapas, según el siguiente orden:

- Recopilación y procesamiento de la información preexistente.
- Trabajos de campo.
- Trabajos de laboratorio.

A continuación se hará una descripción detallada de los trabajos realizados y los procedimientos empleados en cada una de estas etapas.

2.2 Recopilación de la información.

Esta etapa se desarrollo completamente en el Centro de Información del ISMM mediante la utilización de la base de datos con que cuenta dicho centro y el empleo de su biblioteca virtual insertada en su página web <http://www.ismm.edu.cu>. Luego de desarrollada la búsqueda se procedió al procesamiento de los datos disponibles y a la interpretación de los resultados

obtenidos, llevándose esta última a formato digital como parte de la memoria escrita de la investigación y como documentos gráficos (mapa de ubicación geográfica, mapa geológico del Sector Moa-Baracoa, mapa geológico de Cuba y otros), también incluidos en el trabajo.

Con la finalidad de obtener la mayor información posible se realizó una intensa revisión bibliográfica de artículos científicos, trabajos de diplomas, revistas, y otros documentos relacionados con la temática abordada en la investigación, disponibles en el centro de información del ISMM (mapas geológicos, mapas topográficos, etc.). Esta revisión bibliográfica fue apoyada por la correspondiente búsqueda en sitios web de la INTERNET especializados en la temática, lo que contribuyó significativamente al enriquecimiento de información con datos actualizados y altamente confiables.

2.3 Trabajos de campo.

Los trabajos de campo encaminados a la obtención de la información geológica básica se desarrollaron durante varias campañas de corta duración en las que se efectuaron recorridos de reconocimiento geológico y se documentaron y muestrearon los afloramientos de las rocas magmáticas y metamórficas de interés. Durante estos recorridos se tomaron muestras de rocas magmáticas de la asociación ofiolítica (gabros, diabasas y rocas ultrabásicas plagioclásicas) suficientemente frescas para los estudios geoquímicos y petrográficos en los causes de los ríos Cayo Guam, Potosí, Cabañas y Moa, todos pertenecientes al sector Moa-Baracoa. En este sector también se recolectaron muestras en afloramientos de rocas volcánicas y de gabros, supuestamente de la asociación ofiolítica, en las localidades de Morell y Duaba (en la carretera Moa-Baracoa) y en el Cerro de Miraflores, en la carretera hacia Yaguaneque.

Las muestras de metamorfitas se recolectaron en afloramientos situados en el cause del río Yacabo, en el sector de Sierra del Convento, representadas fundamentalmente por anfibolitas y esquistos glaucofánico. También se tomó una

muestra de metavulcanita en las proximidades del Alto de Costilla, en el viaducto de La Farola, perteneciente a una secuencia de esquistos verdes.

Con la finalidad de estudiar las interrelaciones de los diferentes complejos de rocas pertenecientes, supuestamente, a la asociación ofiolítica en el sector de Moa-Baracoa, se escogió un área de aproximadamente 50 km² situada al sur del municipio de Moa, en los alrededores de la localidad de Farallones de Moa. En esta área se realizó una cartografía geológica a escala 1:25 000.

2.3.1 Cartografía geológica de Los Farallones de Moa.

La cartografía geológica de Los Farallones de Moa fue el trabajo de campo de mayor duración y el último de los realizados en esta investigación, el mismo se desarrollo desde el 7 al 25 de Abril del 2003. En él se utilizó el levantamiento geológico como arma principal, apoyado este con el estudio de las fotos aéreas. Se contó también con datos geofísicos (Magnetometría). La base topográfica con que se contó fue escala 1:25 000 y las hojas topográficas utilizadas fueron:

- ✓ Los Farallones.
- ✓ Calentura del Medio.
- ✓ Jaguaní.
- ✓ Vega Grande.

Los recorridos geológico realizados estuvieron dirigidos a ubicar los contactos entre las principales unidades geológicas presentes en dicha área, con énfasis en las pertenecientes a la Asociación Ofiolítica y al Arco Volcánico Cretácico. Los recorridos de mayor interés se efectuaron fundamentalmente a lo largo de los causes de los ríos Moa, Calentura, Castro, Ojito de Agua y Culebracha, debido a que es precisamente en ellos donde las diferentes unidades geológicas presentan su mayor aflorabilidad y donde sus rocas se encuentran más frescas. Los trabajos más detallados de documentación y muestreo se efectuaron en el cause principal y los afluentes del río Moa, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de información posible de la unidad de diabasas y gabros conocida en la literatura

geológica cubana como Complejo Cerrajón y establecer sus relaciones geológicas con el complejo de tectonitas de la asociación ofiolítica.

En total se realizaron 18 recorridos geológicos, en los que se documentaron los puntos cada 500 m aproximadamente, tomando muestras en los afloramientos de mayor interés. Los datos fueron representados en una base topográfica y luego procesados con ayuda del Mapinfo y el Surfer versión 7, software profesionales que se encuentran en el departamento de geología. El mapa geológico resultante de este trabajo, así como un perfil y una columna geológica se presenta en las figuras 3.9, 3.10 y 3.11 del Capítulo III de esta investigación.

2.4 Trabajos de laboratorio.

Los trabajos de laboratorio se orientaron en dos direcciones fundamentales: los análisis de componentes mayores, elementos traza y tierras raras con fines petroquímicos y las determinaciones petrográficas encaminadas a la descripción, identificación y diagnóstico preciso de las rocas su génesis y evolución. Estas determinaciones analíticas fueron realizadas en prestigiosas instituciones con reconocimiento internacional con la ayuda de investigadores de basta experiencia en el estudio de rocas mediante láminas delgadas.

2.4.1 Preparación de las muestras para su posterior análisis.

Las muestras de rocas seleccionadas para los estudios petroquímicos mediante componentes mayores y elementos traza fueron previamente preparadas para los análisis químicos en el Laboratorio de la Planta de Beneficio de la Facultad de Metalurgia y Electromecánica del ISMM, donde se les sometió a un proceso de trituración y molienda gruesa con la ayuda de una trituradora de mandíbula y un molino de disco de aleaciones duras, hasta una granulometría de aproximadamente 1mm, con las consiguientes etapas de homogenización y cuarteo siguiendo el principio de Richard-Checette, hasta obtener una masa de aproximadamente 200 g, que fue posteriormente sometida a molienda fina (pulverización) en molinos especiales en el laboratorio del Instituto Geominero de Portugal en Oporto.

Las muestras seleccionadas para las investigaciones petrográficas fueron preparadas en forma de gruesas probetas con la cortadora de disco de diamante del laboratorio de preparación de muestras del Departamento de Geología de la Facultad de Geología y Minería del ISMM y enviadas al Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, Technische Universität Clausthal, Alemania, donde fueron preparadas las láminas delgadas pulidas necesarias.

2.4.2 Análisis Petroquímicos.

Fueron analizadas un total de 39 muestras de rocas frescas mediante el método de fluorescencia de rayos-x, determinándose en ellas las concentraciones en forma de óxidos de los siguientes componentes mayores, en por ciento en peso: SiO₂, Al₂O₃, Fe total como Fe₂O₃, MnO, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ y P.I. A 11 de estas muestras se les determinaron los contenidos de los siguientes elementos trazas, en ppm: Ni, V, Be, Mo, As, Co, Cd, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ta, Sn, Th, Cu, Cr, Ag, B, Zn, Sb, Pb y Au.

Además, en 10 de dichas muestras se determinaron los contenidos en ppm de los siguientes elementos de las tierras raras: La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Tm, Yb y Lu. Estos valores fueron corregidos con los datos de los contenidos de los condritos para su posterior análisis.

Estos análisis se realizaron en el laboratorio del Instituto Geominero de Portugal, dentro del marco del proyecto internacional de las ofiolitas y su metalogenia patrocinado por el programa CYTED.

Los datos obtenidos en estos análisis fueron tabulados y procesados con ayuda *Microsoft Excel 2000 (Microsoft Corporation, 1985-1999)*. Los resultados fueron representados e interpretados, empleando en algunos casos los análisis estadísticos con que cuenta este software. Los datos de los contenidos analizados, así como los análisis estadísticos y los gráficos realizados se presentan en el Capítulo III de este trabajo. Las tablas con los contenidos de los componentes mayores se muestran en las Tablas 1, 4, 6, 10, 11, 13 y 15; los contenidos de los elementos traza en las Tablas 5, 9 y 14; los datos de las tierras raras en la Tabla 12. Los procesamientos estadísticos se presentan en las Tablas

2, 3, 7 y 8. Los gráficos aparecen recogidos en las Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7.

2.4.3 Análisis Petrográficos.

Se analizaron un total nueve muestras de rocas metamórficas del sector Sierra del Convento, de ellas seis anfibolitas y tres esquistos glaucofánicos. Estas muestras fueron exhaustivamente estudiadas por el doctor Alfred Schuster del Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe, Technische Universität Clausthal. Alemania. Durante el estudio petrográfico se obtuvieron microfotografías que permiten una mejor ilustración de determinados fenómenos geológicos. Estas microfotografías fueron escaneadas y preparadas para su edición como documentos gráficos impresos, siendo recogidas en la Fotos 1, 2, 3 y 4 que aparecen en el Capítulo III.

Capítulo III: Interpretación de los Resultados Obtenidos.

3.1 Introducción.

3.2 Interpretación de los datos petroquímicos.

3.2.1 Análisis de los datos petroquímicos del sector Moa-Baracoa.

3.2.2 Análisis de los datos petroquímicos del sector Sierra del Convento.

3.3 Análisis de los datos petrográficos.

3.1 Introducción.

Los resultados que se presentan en este capítulo son un aporte al conocimiento petroquímico y petrográfico de las rocas magmáticas y metamórficas de la región oriental de Cuba, los cuales contribuirán al esclarecimiento de algunos aspectos relacionados con los ambientes geotectónicos de esta región, confirmando la importancia del empleo de la petroquímica y la petrografía en las investigaciones geológicas de carácter regional. Estos resultados aseguran la continuidad de los estudios que en el campo de la geología regional vienen realizando desde hace ya algunas décadas los profesores y estudiantes del departamento de Geología de la Facultad de Geología y Minería del ISMM de Moa.

La metodología empleada para dar cumplimiento a los objetivos planteados en este trabajo está en correspondencia con las utilizadas a nivel mundial, incluyendo las técnicas analíticas más apropiadas para las investigaciones petroquímicas modernas.

A continuación se procederá a la descripción de los aspectos más relevantes de la investigación realizada, resultado de un minucioso y arduo análisis bibliográfico, trabajos de campo, preparación de muestras y análisis de laboratorio.

3.2 Interpretación de los datos petroquímicos.

Los datos petroquímicos utilizados en la presente investigación y los resultados de su procesamiento estadístico y geoquímico aparecen reflejados en las siguientes tablas y gráficos:

- Tabla 1: Contenidos de elementos mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

- Tabla 2: Parámetros estadísticos de la distribución de los componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 3: Matriz de correlación de los pares de componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 4: Contenido de los componentes mayores de las muestras GMF-1 y PT-2.
- Tabla 5: Contenidos de elementos traza en los gabros del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 6: Contenidos de elementos mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 7: Parámetros estadísticos de la distribución de los componentes mayores en las peridotitas impregnadas del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 8: Matriz de correlación de los pares de componentes mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 9: Contenidos de elementos traza en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 10: Contenidos de elementos mayores en las rocas volcánicas del sector Moa-Baracoa (localidades de Morell y Duaba).
- Tabla 11: Contenidos de elementos mayores en las rocas gabro-diabásicas de complejo Cerrajón en el sector Moa-Baracoa.
- Tabla 12: Contenidos de elementos de las tierras raras en las rocas del sector Moa-Baracoa.
- Tabla 13: Contenidos de elementos mayores en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.
- Tabla 14: Contenidos de elementos traza en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.
- Tabla 15: Contenidos de los elementos mayores en los granitoides de Sierra del Convento.
- Figura 3.1: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

- Figura 3.2: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.
- Figura 3.3: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las rocas volcánicas del sector Moa-Baracoa.
- Figura 3.4: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las rocas gabro-diabásicas del complejo Cerrajón en el sector Moa-Baracoa.
- Figura 3.5: Gráfico de variación de los contenidos de tierras raras normalizados a condritos de las rocas del sector Moa-Baracoa.
- Figura 3.6: Gráfico de variación de los contenidos de las tierras raras normalizados a condritos de rocas pertenecientes al Complejo Ofiolítico de Oman.
- Figura 3.7: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.
- Figura 3.8: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en los granitoides del sector Sierra del Convento.

3.2.1 Interpretación de los datos petroquímicos de las rocas del sector Moa-Baracoa.

Los gabros

En la región de Moa existe una gran diversidad de gabros en cuanto a sus texturas y composición mineralógica y quimismo. De acuerdo a su textura estos pueden ser desde gabros de fina granularidad hasta gabropegmatitas constituidas por enormes cristales de plagioclasas y minerales ferromagnesianos, mientras que por su composición mineralógica y quimismo ellos varían desde muy leucocráticos, ricos en plagioclasas, hasta muy melanocráticos, ricos en minerales ferromagnesianos, lo que evidentemente se refleja en las concentraciones de sus componentes químicos principales.

En la Tabla 1 se muestran los contenidos de los componentes mayores de las muestras analizadas en sector Moa-Baracoa que por sus características distintivas

megascópicas y contenidos de SiO_2 fueron consideradas como gabros, mientras que la Tabla 2 contiene los principales parámetros que rigen la distribución de los componentes principales en estas rocas; las series de variación de los contenidos de los elementos mayores en las diferentes muestras analizadas aparecen reflejados en la Figura 3.1.

El análisis de la Tabla 1 y de la Figura 3.1 permite ver las semejanzas y diferencias en la distribución de los componentes mayores y sus relaciones mutuas existentes entre las muestras de gabro analizadas. De este análisis se desprende que los contenidos de SiO_2 varían dentro de límites muy estrechos, alcanzándose el máximo valor (50.29 %) en la muestra GFN-1 y el mínimo (43.97 %) en la muestra CGY-10, con un marcado predominio de los valores alrededor del 46 %. Los contenidos de Al_2O_3 varían dentro de amplios límites, con su máximo valor (25.98 %) en la muestra CGY-7 y el mínimo (12.24 %) en la PT-1, con predominio de los valores alrededor del 15 %. Los contenidos de Fe_2O_3 presenta su máximo contenido en la muestra CGY-16 con 7.29 % y mínimo en la muestra CGY-7 con 1.72 % y contenidos predominantemente alrededor de 5.33 %. El MnO se caracteriza por valores muy bajos, con el mínimo valor en la muestra CGY-7 con 0.03 % y máximo en GFN-1 de 0.13%, con predominio de los valores alrededor de 0.1 %. El CaO varía dentro de límites relativamente estrechos, presentando el valor mínimo en la muestra CGY-7 (8.41 %) y el máximo en la Pt-1 (14.49 %), con predominio de los valores alrededor del 13 %. El MgO varía dentro de límites relativamente anchos, con un valor mínimo de 6.13 % en la muestra CGY-7 y un máximo de 14.37 % en CGY-10, con predominio de los valores próximos al 12.5 %. Los contenidos de Na_2O presentan muy poca variación, con un pronunciado máximo de 3.89 % en la muestra CGY-7 y un mínimo de 1.18 % en la muestra CGY-10, con marcado predominio de los valores alrededor del 1.5 %. Los contenidos de K_2O son significativamente bajos con un mínimo de 0.022 % en las muestras CGY-16 y PT-1 y un máximo de 0.13 % en la muestra CGY-7, predominio de los valores alrededor del 0.025 %. El TiO_2 también se caracteriza por sus contenidos notablemente bajos y dentro de límites muy estrechos, con un mínimo de 0.1 % en la muestra CGY-10 y un máximo de 0.54 %

en GFN-1, con valores predominantemente alrededor del 0.25 %. El P_2O_5 también varía dentro de límites muy estrechos con contenidos muy bajos, con un máximo de 0.06 % en la muestra PT-1 y un mínimo de 0.02 % en las muestras CGY-10 y CGY-15, con marcado predominio de los valores alrededor de este último. La pérdida por ignición (P.I.) varía dentro de límites relativamente ancho, presentando un máximo de 6.15 % en la muestra CGY-7 y un mínimo de 1.88 % en la muestra CGY-15, con valores predominantes alrededor del 4 %, lo que está relacionado con el grado de serpentización de la roca.

Tabla 1: Contenidos de elementos mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

Elementos	CGY-2	CGY-7	CGY-10	CGY-15	CGY-16	GFN-1	PT-1	M-3	M-4
SiO₂	45,9	47,03	43,97	48,09	46,18	50,29	47,13	46,21	46,26
Al₂O₃	15,21	25,98	18,26	21,39	19,26	15,09	12,24	15,28	15,27
Fe total (Fe₂O₃)	4,86	1,72	5,02	4,9	7,29	6,46	6,5	5,34	5,33
MnO	0,09	0,03	0,08	0,08	0,1	0,13	0,12	0,11	0,11
CaO	13,38	8,41	12,45	13,14	11,47	13,92	14,49	14,1	13,96
MgO	13,74	6,13	14,37	7,85	11,77	8,49	14,03	12,54	12,56
Na₂O	1,27	3,89	1,18	2,06	1,51	2,17	1,37	1,58	1,58
K₂O	0,08	0,13	0,025	0,026	0,022	0,09	0,022	0,04	0,03
TiO₂	0,34	0,33	0,1	0,19	0,15	0,54	0,42	0,26	0,26
P₂O₅	0,03	0,05	0,02	0,02	0,023	0,025	0,06	0,025	0,026
P. I.	4,69	6,15	4,29	1,88	1,98	2,44	3,28	4,25	4,1
Suma	99,59	99,85	99,765	99,626	99,755	99,645	99,662	99,735	99,486

Los altos valores en los contenidos de MgO, conjuntamente con los contenidos de Na₂O están a favor del marcado carácter cumulativo de los mismos, que en general poseen una distribución de elementos mayores muy semejante a los adcumulatos plag-cpx-ol de los gabros cumulativos de otras regiones del mundo, como es el caso de Oman. La relación CaO/Na₂O en algunos gabros muy leucocráticos indica que la plagioclasa es esencialmente labrador.

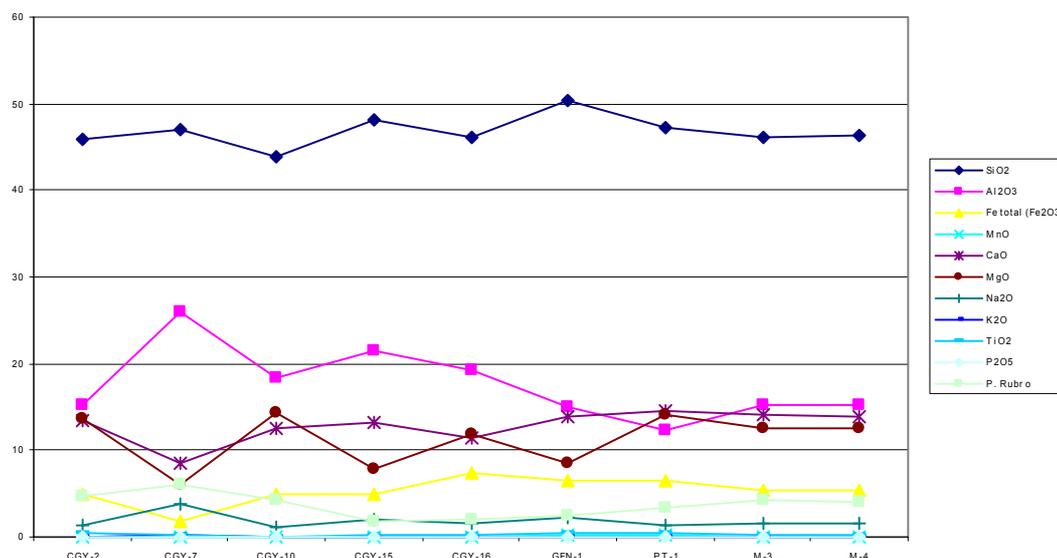


Figura 3.1: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

Tabla 2: Parámetros estadísticos de la distribución de los componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PI
Media	46,685	17,139	5,281	0,097	13,035	11,507	1,797	0,049	0,283	0,030	3,765
Error típico	0,470	1,159	0,426	0,008	0,533	0,828	0,228	0,011	0,037	0,004	0,384
Mediana	46,260	15,280	5,330	0,110	13,920	12,540	1,580	0,030	0,260	0,026	4,100
Moda	46,210	15,280	5,340	0,110	14,100	12,540	1,580	0,022	0,260	0,020	4,250
Desviación estándar	1,560	3,845	1,414	0,027	1,766	2,745	0,755	0,036	0,123	0,013	1,275
Coef de variac, %	3,342	22,432	26,776	28,000	13,550	23,856	42,009	73,124	43,638	42,426	33,857
Varianza	2,434	14,781	2,000	0,001	3,119	7,536	0,570	0,001	0,015	0,0002	1,624
Curtosis	2,883	1,803	4,146	3,223	4,740	-0,179	6,821	1,512	0,780	2,456	-0,053
Coef. Asi.	0,927	1,332	-1,458	-1,573	-2,110	-1,044	2,474	1,531	0,692	1,825	0,0002
Rango	6,320	13,740	5,570	0,100	6,080	8,240	2,710	0,108	0,440	0,040	4,270
Mínimo	43,970	12,240	1,720	0,030	8,410	6,130	1,180	0,022	0,100	0,020	1,880
Máximo	50,290	25,980	7,290	0,130	14,490	14,370	3,890	0,130	0,540	0,060	6,150
Suma	513,530	188,530	58,090	1,070	143,380	126,580	19,770	0,535	3,110	0,332	41,410
Cuenta	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

De la interpretación de la Tabla 2 se desprende que la media, mediana y moda de la mayoría de los componentes mayores analizados presentan valores muy próximos, indicando el carácter normal de la distribución de los mismos, mientras que los coeficientes de variación, comprendidos entre 25 y 45 %, indican que sus

dispersiones son bajas y muy bajas con respecto a la media. El componente con menor dispersión es el SiO_2 (3.34 %) y el de mayor lo es el K_2O (73.12 %).

La Tabla 3 permite tener una clara idea acerca el carácter de la correlación lineal entre los contenidos de los componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa. De ella se desprende que determinados pares de componentes presentan correlación lineal directa y otros inversas. Las series de pares de componentes con correlación lineal directa e inversa, ordenadas en orden decreciente de las fortaleza del enlace de correlación, determinadas a partir de la magnitud de los coeficientes de correlación, se muestran a continuación:

Tabla 3: Matriz de correlación de los pares de componentes mayores en los gabros del sector Moa-Baracoa.

Elementos	SiO_2	Al_2O_3	Fe total (Fe_2O_3)	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	P. I.
SiO_2	1,00										
Al_2O_3	0,003	1,00									
Fe total (Fe_2O_3)	0,13	-0,68	1,00								
MnO	0,26	-0,90	0,85	1,00							
CaO	0,10	-0,90	0,65	0,88	1,00						
MgO	-0,66	-0,74	0,49	0,50	0,58	1,00					
Na_2O	0,41	0,77	-0,74	-0,68	-0,76	-0,89	1,00				
K_2O	0,38	0,46	-0,65	-0,51	-0,58	-0,62	0,78	1,00			
TiO_2	0,74	-0,34	0,05	0,33	0,20	-0,26	0,27	0,54	1,00		
P_2O_5	0,13	0,00	-0,27	-0,20	-0,24	-0,08	0,37	0,33	0,50	1,00	
P. Rubro	-0,44	0,21	-0,77	-0,52	-0,38	0,05	0,37	0,53	0,02	0,36	1,00

Serie de pares de componentes con correlación lineal directa

MnO-CaO (0.88), Fe_2O_3 -MnO (0.85), K_2O - Na_2O (0.78), Al_2O_3 - Na_2O (0.77), SiO_2 - TiO_2 (0.74), Fe_2O_3 -CaO (0.65), CaO-MgO (0.58), TiO_2 - K_2O (0.54), K_2O -PI (0.53), TiO_2 - P_2O_5 (0.50), MnO-MgO (0.50), Fe_2O_3 -MgO (0.49), Al_2O_3 - K_2O (0.46), SiO_2 - Na_2O (0.41), SiO_2 - K_2O (0.38), Na_2O - P_2O_5 (0.37), Na_2O -PI (0.37), P_2O_5 -PI (0.36), K_2O - P_2O_5 (0.33), MnO- TiO_2 (0.33), Na_2O - TiO_2 (0.27), SiO_2 -MnO (0.26), Al_2O_3 -PI

(0.21), CaO-TiO₂ (0.20), SiO₂-Fe₂O₃ (0.13), SiO₂-P₂O₅ (0.13), SiO₂-CaO (0.10), MgO-PI (0.05), TiO₂-PI (0.02), Al₂O₃-P₂O₃ (0.00)

Serie de pares de componentes con correlación lineal inversa

Al₂O₃-MnO (-0.90), Al₂O₃-CaO (-0.90), MgO-Na₂O (-0.89), Fe₂O₃-PI (-0.77), CaO-Na₂O (-0.76), Fe₂O₃-Na₂O (-0.74), Al₂O₃-MgO (-0.74), MnO-Na₂O (-0.68), Al₂O₃-Fe₂O₃ (-0.68), SiO₂-MgO (-0.66), Fe₂O₃-K₂O (-0.65), K₂O-MgO (-0.62), CaO-K₂O (-0.58), MnO-PI (-0.52), K₂O-MnO (-0.51), SiO₂-PI (-0.44), CaO-PI (-0.38), Al₂O₃-TiO₂ (-0.34), MgO-TiO₂ (-0.26), P₂O₅-CaO (-0.24), P₂O₅-MnO (-0.20), P₂O₅-MgO (-0.08).

Al analizar los elementos trazas (Tabla 4) de algunas de estas muestras se observa que presentan elevados contenidos de Vanadio (entre 155 y 158 ppm). El Cromo presenta valores muy por encima de la media de las rocas medias e incluso superiores a las de las rocas ultrabásicas, al tiempo que el Au presenta valores que puede ser considerados como marcadamente anómalos para estas rocas. En una de las muestra el contenido de Sb se encuentra muy por encima del límite de detección de la técnica analítica empleada, mientras que los contenidos de Cu son superiores a los de Zn. La correspondencia entre los valores marcadamente elevados de Cr, Au y Sb, unida a los contenidos de Cu mayores que los de Zn, obligan a pensar en cierto tipo de mineralización asociada a estos gabros.

Dentro del conjunto de muestras previamente descritas y seleccionadas como gabros se encuentran las GMF-1 y la PT-2 (tabla 5), las cuales se caracterizan por presentar contenidos de SiO₂ muy bajos, propios de las rocas ultrabásicas (40.42 % en la GMF-1 y 42.91 % PT-2) pero sus contenidos de Al₂O₃ son significativamente elevados y totalmente ajenos a los de las peridotitas, encontrándose aún por encima de sus contenidos normales para los gabros, con 22.65 % para la muestra GMF-1 y 21.23 % la PT-2. El Na₂O presenta valores relativamente bajo en comparación con el valor normal de los garbos, siendo la muestra GMF-1 la de menor contenido en este componente con 1.17, mientras que el de la PT-2 es de 1.66 %; en estas rocas los contenidos de CaO son normales para los gabros, con 10.9 % en la muestra GMF-1 y 11.03 % en la PT-2, al tiempo que los contenidos de MgO, de 13.84 % en la muestra GMF-1 y 12.95 %

en la PT-2, son relativamente más altos que los normales de los gabros y que en los gabros y pegmatitas del río Cayo Guam (por ejemplo, Muestra CGY-7) constituidos esencialmente por plagioclasa básica. Estas rocas presentan un P. I. ligeramente superior al de otros garbos, con 6.93 % en la GMF-1y 5.56 % en la PT-2. De este quimismo se desprende que estas rocas pudieran presentar determinado carácter metasomático, constituidas por plagioclasa muy básica (anortita) y olivino, única composición mineralógica que pudiera explicar los bajos contenidos de SiO_2 y Na_2O , acompañados de valores significativamente altos de Al_2O_3 y MgO .

Tabla 4: Contenidos de elementos traza, en ppm (Au en ppb) en los gabros del sector Moa-Baracoa.

Elementos	M-3	M-4
Ni	458	453
V	155	158
Be	<1	<1
Mo	2	<2
As	<20	<20
Co	30	32
Cd	<1	1
Rb	< 3	< 3
Sr	162	163
Y	6	6
Zr	9	8
Nb	4	4
Ba	23	17
Ta	< 15	< 15
Sn	< 4	< 4
Th	< 5	< 5
Cu	88	85
Cr	1800	1983
Ag	<0,2	<0,2
B	60	71
Zn	60	66
Sb	26	<20
Pb	<10	<10
Au	55	27

Tabla 5: Contenido de los componentes mayores de las muestras GMF-1 y PT-2.

Elementos	GMF-1	PT-2
SiO ₂	40,42	42,91
Al ₂ O ₃	22,65	21,23
Fe total (Fe ₂ O ₃)	3,5	4,31
MnO	0,05	0,06
CaO	10,9	11,03
MgO	13,84	12,95
Na ₂ O	1,17	1,66
K ₂ O	0,028	0,029
TiO ₂	0,039	0,05
P ₂ O ₅	0,028	0,0287
P.I.	6,93	5,56
Suma	99,56	99,82

De estas rocas contamos con los análisis de los elementos de las tierras raras (Tabla 12 y Figura 3.5) de las muestras CGY-15, CGY-16, GFN-1 y PT-1, en el gráfico de distribución se observa que las muestras CGY-15 y CGY-16 presentan patrones de tierras raras muy similares, en forma de sierra, con alternancia de máximos y mínimos según la serie de elementos de las tierras raras, con mínimos muy bien definidos en Sm, Gd, Dy y Yb; máximos en Nd, Eu, Tb, Tm y Lu, con valores normalizados a condritos comprendidos entre 1 y 10. Algo parecido a estas muestras presenta la “peridotita impregnada” CGY-13, esto apoya la idea de la relación genética de estas rocas. Las muestras GFN-1 y PT-1 presentan patrones de tierras raras normalizados a condritos muy semejantes entre sí, así como con las muestras gabro-diabásicas del complejo Cerrajón, pero con niveles inferiores a estas. Sus contenidos son muy similares a los valores de los gabros de Oman (Figura 3.6).

Las “peridotitas impregnadas”.

Las rocas de la región de Moa-Baracoa clasificadas por la mayoría de los investigadores como “peridotitas impregnadas” y por otros como troctolitas, presentan características muy particulares, que se evidencian tanto en su

composición química como mineralógica. Los datos de los análisis químicos de componentes mayores correspondientes a 8 muestras de estas rocas aparecen recogidos en la tabla 5 y la Figura 3.2, mientras que los resultados de su procesamiento estadístico y el análisis correlacional aparecen reflejados en las tablas 6 y 7 respectivamente. Del análisis de estos datos se desprende que los contenidos de SiO_2 varían dentro de límites muy estrechos, alcanzándose el máximo valor (41.74 %) en la muestra M-6 y el mínimo (37.12 %) en la CGY-14, con predominio de los valores alrededor del 38.32 %. Los contenidos de Al_2O_3 varían dentro de amplios límites, con su máximo valor (22.46 %) en la muestra M-5 y el mínimo (4.82 %) en la CGY-14, con predominio de los valores alrededor del 5.5 %. Los contenidos de Fe_2O_3 presenta su máximo contenido en la muestra M-1 con 10.1 % y mínimo en la muestra M-5 de 3.35 % y contenidos predominantemente alrededor de 8 %. El MnO se caracteriza por valores muy bajos, comprendidos entre 0.05 % en la muestra M-5 y 0.13 % en las muestras M-1 y M-2, con predominio de los valores de 0.13 %. El CaO presenta cierta variación, con un pronunciado máximo de 12.71 % en la muestra M-5 y un mínimo de 3.67 % en la muestra CGY-14, con predominio de los valores próximos al 5 %. El MgO varía dentro de límites relativamente anchos, con un valor mínimo pronunciado de 14.4 % en la muestra M-5 y un máximo de 34.4 % en la CGY-14, con predominio de los valores próximos al 30 %. Los contenidos de Na_2O varían dentro de límites muy estrechos con un máximo de 0.5 % en la muestra M-5 y un mínimo de 0.16 % en la muestra M-6, con marcado predominio de los valores alrededor del 0.19 %. Los contenidos de K_2O son significativamente bajos y varían dentro de un límite estrecho, con un mínimo de 0.027 % en la muestra CGY-13 y un máximo de 0.029 % en la mayor parte de las muestras. El TiO_2 también se caracteriza por sus contenidos notablemente bajos y dentro de límites muy estrechos, con un mínimo de 0.038 % en la muestra M-5 y un máximo de 0.16 % en M-1 y M-2, con valores próximos a 0.1 %. El P_2O_5 también varía dentro de límites muy estrechos con contenidos muy bajos, con un mínimo de 0.028 % en las muestras CGY-14, M-1 y M-5 y máximo de 0.029 % en el resto de las muestras. La pérdida por ignición (P.I.) es relativamente alta, algo característico de

estas rocas, debido al proceso de serpentinización que ha sufrido el olivino y otros minerales ferromagnesianos, variando además dentro de límites relativamente ancho, presentando un máximo de 11.8 % en la muestra Pt-4 y un mínimo de 4.55 % en la muestra M-6, con valores predominantemente alrededor del 11 %. Los contenidos de SiO₂ presentes en estas rocas se corresponden con los de las dunitas, mientras que los contenidos de MgO son muy inferiores a los de estas rocas, pero significativamente superiores a los típicos de las troctolitas. Por otro lado, los contenidos de Al₂O₃ y CaO son notablemente más elevados que los propios de las peridotitas e inferiores a los de las troctolitas. Los contenidos de Fe₂O₃ son elevados y guardan buena correspondencia con los de las dunitas, mientras que los contenidos de Na₂O son notablemente bajos, indicando que la plagioclasa presente en la roca posee una composición muy cercana a la de la anortita. Los altos valores de P.I. indican que estas dunitas impregnadas se encuentran fuertemente serpentinizadas.

Tabla 6: Contenidos de elementos mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.

Elementos	CGY-1	CGY-13	CGY-14	PT-3	M-1	M-2	M-5	M-6
SiO ₂	38,39	39,22	37,12	38,49	38,32	38,44	39,84	41,74
Al ₂ O ₃	8,70	9,32	4,82	11,71	5,55	5,41	22,46	11,94
Fe total (Fe ₂ O ₃)	7,84	8,40	8,76	6,18	10,10	9,91	3,35	7,61
MnO	0,10	0,10	0,12	0,07	0,13	0,13	0,05	0,11
CaO	5,24	6,19	3,67	5,53	4,31	4,18	12,71	9,09
MgO	30,06	27,07	34,40	26,07	30,15	30,59	14,11	24,44
Na ₂ O	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19	0,50	0,16
K ₂ O	0,028	0,027	0,029	0,029	0,028	0,029	0,029	0,028
TiO ₂	0,050	0,110	0,100	0,040	0,160	0,160	0,038	0,050
P ₂ O ₅	0,029	0,029	0,028	0,029	0,028	0,029	0,028	0,029
P. Rubro	9,44	9,44	10,85	11,80	11,00	11,17	6,81	4,55
Suma	100,06	100,09	100,08	100,14	99,96	100,24	99,93	99,75

En la Tabla 7 se presentan los resultados de los análisis estadísticos de estas muestras, en ellos se observa que en la mayoría de los elementos la media, mediana y moda presentan valores muy próximos, indicando que su distribución responde a la ley normal.

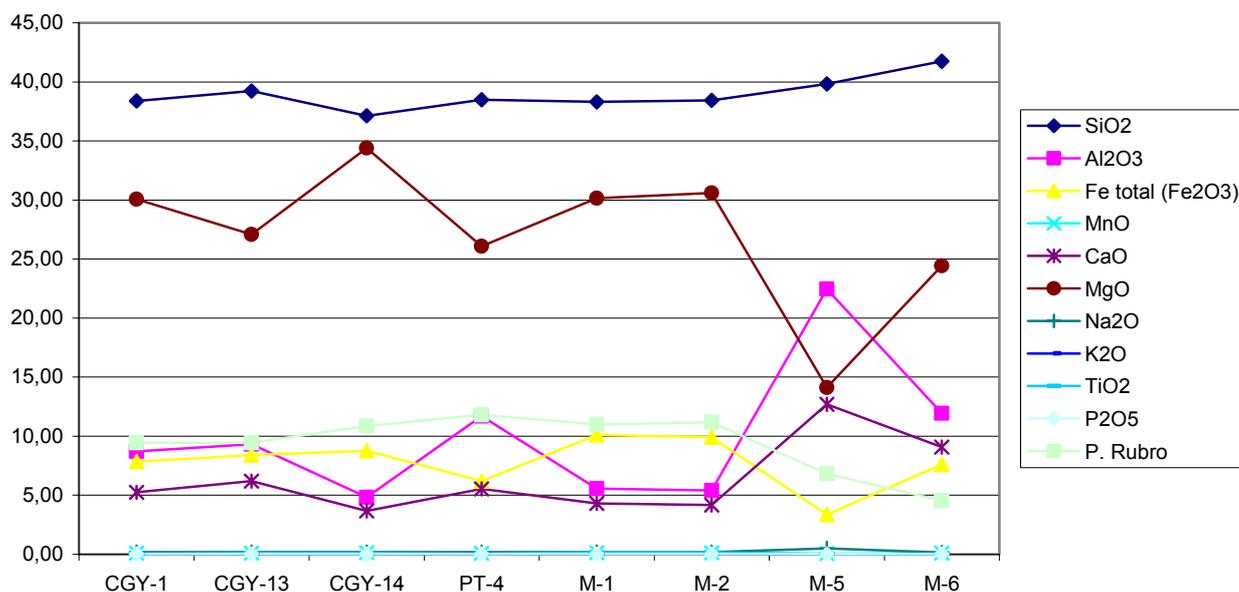


Figura 3.2: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.

De acuerdo con las magnitudes de los coeficientes de variación se puede afirmar que la dispersión de los contenidos con respecto a la media es baja y muy baja, destacándose por su dispersión muy baja el P₂O₅ (1.617 %), el K₂O (2.181 %) y el SiO₂ (3.603 %), mientras que el Al₂O₃ (59.848 %), el TiO₂ (58.627 %), el Na₂O (53.495 %) y CaO (48,943 %), lo que sin duda alguna está relacionado con la elevada variabilidad del contenido de plagioclasa básica en estas rocas, bien sea por un mayor grado de impregnación o por una mayor presencia de plagioclasa inintercúmulus.

En la Tabla 8 se observa el carácter de la correlación lineal entre los contenidos de los componentes mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa. De ella se desprende que determinados pares de componentes presentan correlación lineal directa y otros inversas, siendo en algunos casos elevada, siempre en correspondencia con la afinidad de estos elementos en determinados minerales. Las series de pares de componentes con correlación lineal directa e inversa, ordenadas en orden decreciente se muestran a continuación:

Tabla 7: Parámetros que rigen la distribución de los componentes mayores en las peridotitas impregnadas del sector Moa-Baracoa.

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PI
Media	39,158	10,439	7,760	0,103	6,768	26,348	0,234	0,028	0,093	0,029	9,049
Error típico	0,407	1,804	0,691	0,009	0,956	1,848	0,036	0,000	0,016	0,000	0,770
Mediana	38,465	9,010	8,120	0,110	5,385	28,565	0,186	0,029	0,075	0,029	10,145
Moda	38,320	5,550	10,100	0,130	4,310	30,150	0,180	0,028	0,160	0,029	9,440
Desviación estándar	1,411	6,248	2,394	0,030	3,312	6,403	0,125	0,001	0,055	0,0005	2,667
Coefficiente de variación	3,603	59,848	30,852	29,452	48,943	24,300	53,495	2,181	58,627	1,617	29,471
Varianza de la muestra	1,990	39,033	5,732	0,001	10,971	40,994	0,016	0,000	0,003	0,000	7,112
Curtosis	0,287	0,642	0,123	-0,486	-0,348	0,688	2,564	0,772	-1,945	-1,836	-0,896
CoefAsim.	0,929	1,257	-1,023	-0,929	1,036	-1,182	2,023	-0,950	0,329	-0,276	-0,828
Rango	4,620	17,640	6,750	0,080	9,040	20,290	0,340	0,002	0,122	0,001	7,250
Mínimo	37,120	4,820	3,350	0,050	3,670	14,110	0,160	0,027	0,038	0,028	4,550
Máximo	41,740	22,460	10,100	0,130	12,710	34,400	0,500	0,029	0,160	0,029	11,800
Suma	469,90	125,27	93,120	1,230	81,210	316,180	2,802	0,341	1,116	0,343	108,59
Cuenta	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Serie de pares de componentes con correlación lineal directa

Fe₂O₃-MnO (0.97), Al₂O₃-CaO (0.96), Fe₂O₃-CaO (0.91), Al₂O₃-Na₂O (0.87), MgO-MnO (0.86), Fe₂O₃-TiO₂ (0.83), Na₂O-CaO (0.80), TiO₂-MnO (0.80), SiO₂-CaO (0.70), MgO-TiO₂ (0.65), TiO₂-PI (0.65), MgO-PI (0.64), SiO₂-Al₂O₃ (0.53), Fe₂O₃-PI (0.53), P₂O₅ -PI (0.44), MnO-PI (0.37), P₂O₅ -TiO₂ (0.33), MgO-K₂O (0.26), Fe₂O₃- P₂O₅ (0.23), MgO-P₂O₅ (0.17), K₂O-PI (0.16), SiO₂-Na₂O (0.16), Fe₂O₃-K₂O (0.15), K₂O-MnO (0.13), MnO-P₂O₅ (0.10), TiO₂-K₂O (0.02).

Serie de pares de componentes con correlación lineal inversa

Al₂O₃-MgO (-0.98), Al₂O₃-Fe₂O₃ (-0.97), CaO-MgO (-0.97), SiO₂-PI (-0.93), Al₂O₃-MnO (-0.92), Fe₂O₃-CaO (-0.89), MgO- Na₂O (-0.87), Fe₂O₃-Na₂O (-0.84), MnO-Na₂O (-0.81), MnO-CaO (-0.80), CaO-PI (-0.80), Al₂O₃-TiO₂ (-0.76), CaO-TiO₂ (-0.72), Al₂O₃-PI (-0.63), SiO₂-MgO (-0.58), SiO₂-TiO₂ (-0.53), Na₂O-TiO₂ (-0.43), SiO₂-F₂O₃ (-0.40), Na₂O-PI (-0.32), CaO-P₂O₅ (-0.31), Na₂O-K₂O (-0.30), SiO₂-MnO (-0.28), CaO-Na₂O (-0.25), Al₂O₃-K₂O (-0.23), SiO₂-P₂O₅, (-0.22), Al₂O₃-P₂O₅ (-0.22), Na₂O-P₂O₅ (-0.18), K₂O-P₂O₅ (-0.17), SiO₂-K₂O (-0.11).

Tabla 8: Matriz de correlación de los pares de componentes mayores en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.

Elementos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe total (Fe ₂ O ₃)	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	P. I.
SiO ₂	1,00										
Al ₂ O ₃	0,53	1,00									
Fe total (Fe ₂ O ₃)	-0,40	-0,97	1,00								
MnO	-0,28	-0,92	0,97	1,00							
CaO	0,70	0,96	-0,89	-0,80	1,00						
MgO	-0,58	-0,98	0,91	0,86	-0,97	1,00					
Na ₂ O	0,16	0,87	-0,84	-0,81	0,80	-0,87	1,00				
K ₂ O	-0,11	-0,23	0,15	0,13	-0,25	0,26	-0,30	1,00			
TiO ₂	-0,53	-0,76	0,83	0,80	-0,72	0,65	-0,43	0,02	1,00		
P ₂ O ₅	-0,22	-0,22	0,23	0,10	-0,31	0,17	-0,18	-0,17	0,33	1,00	
P. I.	-0,93	-0,63	0,53	0,37	-0,80	0,64	-0,32	0,16	0,65	0,44	1,00

Al analizar los datos de los elementos traza (Tabla 9) de algunas de estas muestras observamos que presentan elevados contenidos de Ni, lo que indica que son rocas ricas en Olivino. Los contenidos de Cr son muy variables, tendiendo a ser bajos con respecto a las rocas ultrabásicas y en especial a las dunitas. Los contenidos de Co y Ni guardan una correlación directa muy estrecha, típica para estos elementos en las rocas ricas en olivino.

El origen de estas rocas no está claro, necesitándose de estudios petrográficos texturales para su esclarecimiento; algunos investigadores consideran que las mismas son el resultado de procesos de fusión parcial/segregación o de impregnación por percolación interporos de fluidos magmáticos resultantes de la fusión parcial de los materiales del manto superior, mientras que otros las consideran como ortocumulados de olivino con plagioclasa intersticial producida por la cristalización de líquidos magmáticos de composición anortítica.

De las “peridotitas impregnadas” contamos con los contenidos de las tierras raras de las muestras CGY-13 y PT-3 (ver Tabla 12). La muestra CGY-13 presenta valores de tierras raras normalizados a condritos muy similares a los de los gabros CGY-15 y CGY-16, mostrando su patrón forma de sierra, en el gráfico de la Figura 3.5, con máximos en Nd, Eu, Tb, Tm y Lu y mínimos en Sm, Gd, Dy y Yb, los

valores están por encima de uno, solo en el Tm muestra un pronunciado mínimo de 0.538. La muestra Pt-3 presenta un patron algo parecido pero con los mínimos y los máximos menos definidos e invertidos a partir del Dy.

Tabla 9: Contenidos de elementos traza en las “peridotitas impregnadas” del sector Moa-Baracoa.

Elementos	M-1	M-2	M-5	M-6
Ni	1873	1899	637	1414
V	66	68	14	64
Be	<1	<1	<1	<1
Mo	4	6	<2	<2
As	<20	<20	<20	<20
Co	104	97	37	82
Cd	4	1	<1	2
Rb	<3	<3	<3	<3
Sr	---	27	161	39
Y		<3	<3	<3
Zr	<3	3	3	<3
Nb	<3	<3	<3	4
Ba	---	8	20	16
Ta	<15	<15	<15	<15
Sn	<4	<4	<4	<4
Th	<5	<5	<5	<5
Cu	76	71	16	95
Cr	990	1010	125	1102
Ag	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
B	61	48	66	56
Zn	76	97	77	65
Sb	<20	<20	<20	<20
Pb	16	<10	<10	<10
Au	13	11	24	10

Rocas volcánicas.

Los basaltos se encuentran dispersos por toda la región de Moa-Baracoa en forma de pequeños y medianos afloramientos emplazados tectónicamente. Los afloramientos de mayor envergadura se distribuyen hacia el límite norte de la

región en varias localidades, destacándose las siguientes: Centeno y Jucaral (en las proximidades de Moa), Cayo Grande, Calentura, Morell, Navas, Río Báez y Duaba (esta última en las inmediaciones de Baracoa). En estos basaltos aún es posible distinguir, en numerosos afloramientos, la estructura típica de las lavas en almohadillas, aunque se encuentran muy fuertemente tectonizados y en la mayoría de los casos notablemente meteorizados. Relacionados espacialmente con los basaltos de Centeno, Jucaral y Calentura aparecen afloramientos relativamente extensos de rocas sedimentarias síliceas y arcillosas muy tectonizadas y meteorizadas, así como calizas y rocas arcillosas y carbonatadas arcillosas con un bajo grado de metamorfismo (pizarras o filitas), que en conjunto pudieran representar rocas originadas a partir de sedimentos de fondos oceánicos (ver Figura 1.5, 1.6 y 1.7).

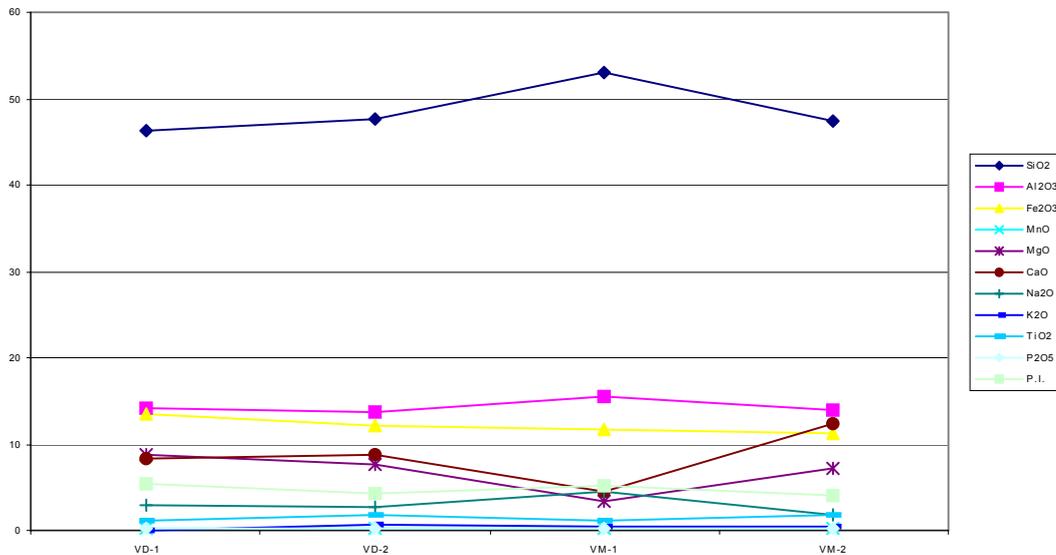
En nuestros trabajos contamos con análisis químicos de los componentes mayores de los basaltos de Duaba y Morell (Tabla 10), en la Figura 3.3 se muestra la variación de estos componentes. De estos se desprende que estas rocas se originaron a partir de un magma básico, probablemente toleítico, tipo MORB. Estas rocas presentan contenidos de SiO_2 relativamente altos, fundamentalmente en Morell (por encima de 53 %). El Al_2O_3 mantiene contenidos normales y en un rango relativamente estrecho (13.6 % y 15.6 %). Los contenidos de Fe_2O_3 son elevados en comparación con los contenidos normales para estas rocas entre 11.25 % y 13.4 %. El MnO es otro elemento que presenta valores por encima de los contenidos normales para estas rocas, y varían en un rango relativamente grande (0.19 % y 0.27 %). El MgO se caracteriza por presentar un gran rango de variación y sus contenidos son relativamente inferiores a los normales para estas rocas (3.89 % a 8.86 %). El CaO es otro elemento que sus contenidos varían en un rango amplio y con valores relativamente inferiores a los normales, presentando un pronunciado máximo en la muestra VM-2 (12.25 %) y un mínimo de 3.39 % en la muestra VM-1. Los contenidos de NaO varían en un rango relativamente ancho, con un pronunciado mínimo de 4.44 % en la muestra VM-1 y mínimo de 1.71 % en VM-2. El K_2O presenta un amplio rango de variación (0.03 % y 0.65 %), en la mayoría de los valores se observa que están por encima de los

contenidos normales para esta roca. Los contenidos de TiO_2 son muy superiores a los contenidos normales para estas rocas con un pronunciado máximo en la muestra VD-2 (1.87 %) y mínimo en la muestra VD-1 (1.04 %). El P_2O_5 también presenta valores relativamente superiores a los contenidos normales entre (0.17 % y 0.2 %). Los valores de P.I. son relativamente altos y presentan poca variación, en un rango de (4.06 % y 5.33%).

Tabla 10: Contenidos de elementos mayores en las rocas volcánicas del sector Moa-Baracoa (localidades de Morell y Duaba).

Elementos	VD-1	VD-2	VM-1	VM-2
SiO₂	46,23	47,6	53,02	47,35
Al₂O₃	14,08	13,6	15,6	14,01
Fe₂O₃	13,4	12,07	11,65	11,25
MnO	0,25	0,22	0,27	0,19
MgO	8,77	7,68	3,39	7,2
CaO	8,21	8,86	4,46	12,25
Na₂O	2,91	2,74	4,44	1,71
K₂O	0,03	0,65	0,35	0,5
TiO₂	1,04	1,87	1,17	1,77
P₂O₅	0,2	0,17	0,2	0,16
P.I.	5,33	4,36	5,21	4,06
Suma	100,45	99,82	99,76	100,45

En los datos de los elementos de las tierras raras de una muestra de Duabas y otra de Morell, que se presentan en la Tabla 12 y en la Figura 3.5 se observa que estas rocas son las que presentan mayores contenidos de estos elementos en el sector de Moa-Baracoa. De forma general presentan un patrón de tierras raras muy semejantes al de muchas diabasas de las ofiolitas de Omán y como regla general con estos valores superiores a 10 al igual que Omán (ver Figura 3.6). Esto sugiere que los afloramientos de estos basaltos en este sector pudieran pertenecer al complejo de lavas en almohadillas de la Asociación Ofiolítica.



Fig

ura 3.3: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las rocas volcánicas del sector Moa-Baracoa.

Rocas gabro-diabásicas del “complejo Cerrajón”.

Hacia el límite sur de la región de Moa, fundamentalmente en el cause del río Moa se encuentra aflorando rocas gabro-diabásicas que han sido incluidas por algunos investigadores dentro del denominado “Complejo Cerrajón” de la literatura geológica cubana (ver Figura 1.5, 1.6 y 1.7); según estos investigadores estas rocas pudieran constituir el **complejo de diques paralelos de la asociación ofiolítica**. En las observaciones de campo se determinó que estas rocas presentan una gran variabilidad en cuanto a su granulometría. Cercano al contacto con las tectonitas estas rocas pudieran considerarse gabros de grano medio y grueso, llegando a aparecer pequeños cuerpo de gabropegmatitas. A medida que descendemos en el corte y nos alejamos de este contacto la granulometría de las rocas constituyentes de estos diques disminuye, llegando a predominar las diabasas, que en ocasiones son las únicas que afloran.

En algunas áreas el contacto tectónico entre las rocas ultrabásicas serpentinizadas del complejo de tectonitas y las rocas gabrodiabásicas del Complejo Cerrajón es muy nítido, observándose claramente la zona del frente de

cabalgamiento, pero en otras partes, fundamentalmente en los afluentes del río Moa y en río Castro este contacto no es tectónico; en estas localidades las tectonitas encajantes de los cuerpos de diabasas y gabros se presentan muy masivas, sin evidencias de la esquistosidad típica de los contactos tectónicos entre rocas relativamente plástica y rocas rígidas. Esto sugiere que las rocas gabro-diabásicas son más tardías con respecto a las tectonitas. La principal dirección que presentan estos cuerpos es $N 45^{\circ} W$, la cual mantienen aproximadamente en toda el área de su desarrollo.

Algunos de los diques de diabasas y gabros se transforman en una roca filoneana de color blanco grisáceo con todas las características de las rodingitas. En ciertas ocasiones aparecen rocas de composición más ácida, que pudieran considerarse como dioritas, dioritas cuarcíferas y hasta plagiogranitos. Existe la posibilidad de que estas rocas sean el resultado de ciertos fenómenos de diferenciación magmática.

Los datos de los elementos mayores (Tabla 11 y Figura 3.4) de las rocas gabro-diabásicas del Complejo Cerrajón muestran que las mismas presentan contenidos de SiO_2 normales para estas rocas, entre 48.15 % y 49.65 %. Los contenidos de Al_2O_3 varían en un pequeño rango (15.08 % y 16.12 %) y con valores relativamente altos. El Fe_2O_3 presenta contenidos normales en el rango de 7.84 % a 8.78 %. El MnO presenta valores relativamente altos entre 0.11 % y 0.15 %. Los contenidos de CaO son relativamente inferiores a los normales (8.14% a 11.18 %). El MgO también presenta valores relativamente inferiores a los normales dentro de un rango de 8.14 % a 9.27 %. Los contenidos de NaO son algo superiores a los normales con valores entre 2.62 % y 3.64 %. Los contenidos K_2O presentan cierta variación con un pronunciado máximo de 0.17 % y los otros dos valores son normales para estas rocas (0.08 %). Los contenidos de TiO_2 normales entre 0.75 % y 1.18 %. El P_2O_5 también presenta contenidos normales entre 0.05 % y 0.06 %. El P.I. también presenta variación relativamente grande con un acentuado mínimo de 2.83 % y los otros dos valores están alrededor de 5.5 %.

De forma general estas rocas se diferencian significativamente de los basaltos del sector Moa-Baracoa por sus contenidos notablemente más bajos de TiO_2 , MnO,

K_2O y Fe_2O_3 (Tabla 10), lo que contradice la hipótesis de que las rocas de este complejo sean equivalentes a las del complejo de diques paralelos de la Asociación Ofiolítica presente en la región, pues está comprobado que las lavas basálticas de la asociación ofiolítica y las diabasas del complejo de diques paralelos son químicamente muy semejantes debido a que son originadas por un mismo magma toleítico que no experimenta diferenciación alguna.

Los gabro-diabasas del Complejo Cerrajón presentan unos patrones de las tierras raras muy similares al de los gabros CGY-13 y PT-3, pero con valores superiores, manifestando una ligera anomalía en el Eu, con declinaciones más abruptas hacia el La y más suaves hacia el Lu. Estos patrones son muy semejantes a los de los gabros de alto nivel de Omán (Figura 3.6), incluso se asemejan más a los gabros isotrópicos de Omán que a las diabasas de esta misma localidad.

Tabla 11: Contenidos de elementos mayores en las rocas gabro-diabásicas de complejo Cerrajón en el sector Moa-Baracoa.

Elementos	DCR -1	DCR -2	DCR -3
SiO₂	48,25	48,15	49,65
Al₂O₃	16,12	16,05	15,08
Fe total (Fe₂O₃)	7,84	8	8,78
MnO	0,11	0,11	0,15
CaO	8,22	8,14	11,18
MgO	9,05	9,27	8,14
Na₂O	3,59	3,64	2,62
K₂O	0,08	0,08	0,17
TiO₂	0,75	0,75	1,18
P₂O₅	0,06	0,06	0,05
P. I.	5,58	5,49	2,83
Suma	99,65	99,74	99,83

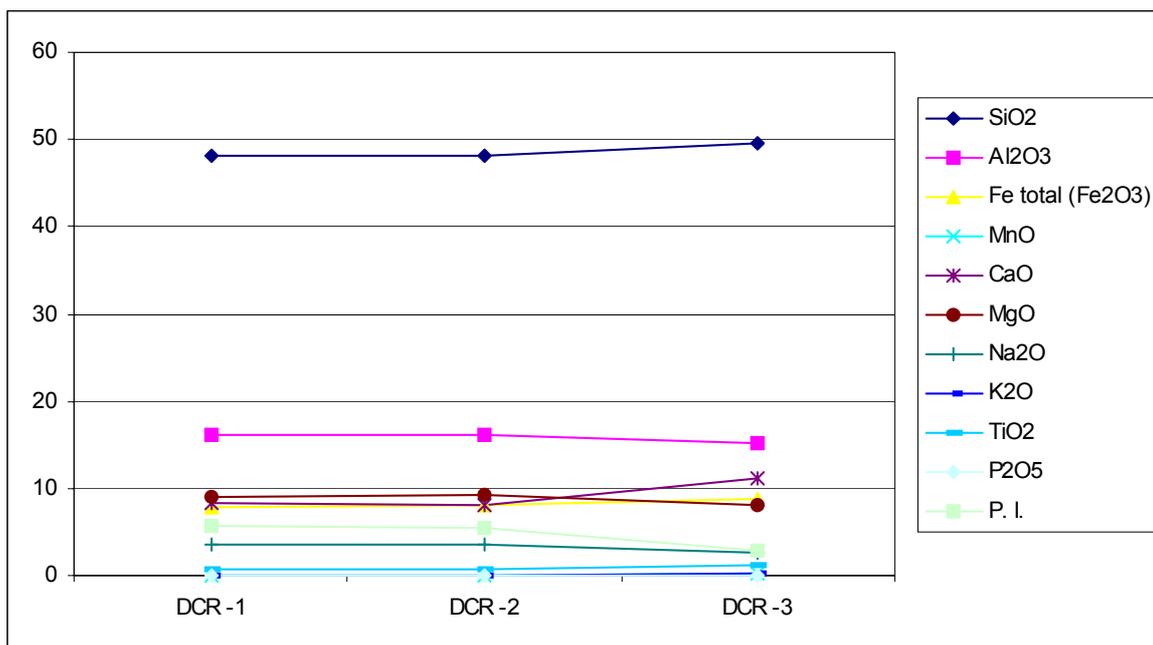


Figura 3.4: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las rocas gabro-diabásicas del complejo Cerrajón en el sector Moa-Baracoa.

3.2.2 Interpretación de los datos petroquímicos del sector Sierra del Convento.

Anfibolitas (Metagabros)

Las anfibolitas de la Sierra del convento, de acuerdo con las investigaciones microscópicas de láminas delgadas, pueden ser consideradas como metagabros. Estas rocas, que se enmarcan dentro de las denominadas ofiolitas meridionales, presentan notables diferencias petroquímicas con relación a los gabros relacionados con las ofiolitas de la región de Moa-Baracoa, las cuales se manifiestan tanto en la distribución de los elementos mayores (Tabla 13, muestras ACG-1, A-7, A-8 y GFSC-1), como en los elementos trazas (Tabla 14, muestras A-7 y A-8) y en la Figura 3.7 se muestra la variación de los componentes mayores.

Los metagabros de la Sierra del Convento presentan contenidos significativamente más elevados de Na_2O , K_2O , TiO_2 y Fe_2O_3 que los de la región de Moa, al igual que como sucede con los contenidos de V (en plena correspondencia con los elevados contenidos de TiO_2), Y, Zr, Nb y Ba, mientras que los de Moa son más ricos en Al_2O_3 , CaO, MgO, Ni, Sr, Cr y Au.

En algunas de las muestras de metagabros analizadas los contenidos de TiO₂ resultan significativamente elevados, tal y como sucede con las muestras A-7 y A-8 con valores de 2.01 y 1.67 respectivamente. Los contenidos de K₂O, comprendidos entre 0.16 % y 0.68 %, en general son muy contrastante con relación a los de los gabros del sector Moa-Baracoa, en los que el contenido medio de este componente es de sólo 0.049 %; algo semejante sucede con relación a las rocas gabrodiabásicas del complejo Cerrajón.

Tabla 12: Contenidos de elementos de las tierras raras en las rocas del sector Moa-Baracoa.

Elementos	La		Ce		Nd		Sm		Eu		Gd	
	ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch
CGY-13	0,6	1,846	1,3	1,629	1,3	2,293	0,1	0,538	0,3	4,335	0,3	1,176
CGY-15	0,46	1,415	1,2	1,504	1,8	3,175	0,4	2,151	0,3	4,335	0,5	1,961
CGY-16	0,23	0,708	1,3	1,629	1,6	2,822	0,3	1,613	0,3	4,335	0,4	1,569
DCR-1*	1	3,077	3,3	4,135	4,3	7,584	1,8	9,677	0,7	10,116	2,6	10,196
DCR-3*	1	3,077	3,3	4,135	4,7	8,289	2	10,753	0,9	13,006	3	11,765
GFN-1	0,18	0,554	0,97	1,216	1,6	2,822	0,8	4,301	0,5	7,225	1,5	5,882
LVM-1*	6,7	20,615	17,8	22,306	14,2	25,044	4	21,505	1,3	18,786	4,4	17,255
VD-1*	4	12,308	12,6	15,789	11,7	20,635	3,9	20,968	1,4	20,231	5,2	20,392
PT-1	0,22	0,677	0,8	1,003	2,5	4,409	1	5,376	0,4	5,780	1,5	5,882
PT-3	0,3	0,923	0,75	0,940	1,5	2,646	0,5	2,688	0,3	4,335	0,8	3,137
Condrito	0,325		0,798		0,567		0,186		0,0692		0,255	
Elementos	Tb		Dy		Tm		Yb		Lu			
	ppm		ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch	ppm	El/ch		
CGY-13	0,16	3,404	0,4	1,311	0,1	3,030	0,4	1,914	0,1	2,865		
CGY-15	0,18	3,830	0,8	2,623	0,1	3,030	0,4	1,914	0,1	2,865		
CGY-16	0,17	3,617	0,6	1,967	0,1	3,030	0,4	1,914	0,1	2,865		
DCR-1*	0,5	10,638	3,2	10,492	0,3	9,091	2	9,569	0,3	8,596		
DCR-3*	0,5	10,638	3,7	12,131	0,3	9,091	2,2	10,526	0,3	8,596		
GFN-1	0,3	6,383	2	6,557	0,2	6,061	1,2	5,742	0,2	5,731		
LVM-1*	0,7	14,894	4,6	15,082	0,4	12,121	2,9	13,876	0,4	11,461		
VD-1*	0,9	19,149	6,2	20,328	0,6	18,182	3,8	18,182	0,6	17,192		
PT-1	0,3	6,383	2	6,557	0,2	6,061	1,1	5,263	0,2	5,731		
PT-3	0,2	4,255	1,2	3,934	0,1	3,030	0,7	3,349	0,1	2,865		
Condrito	0,047		0,305		0,033		0,209		0,0349			

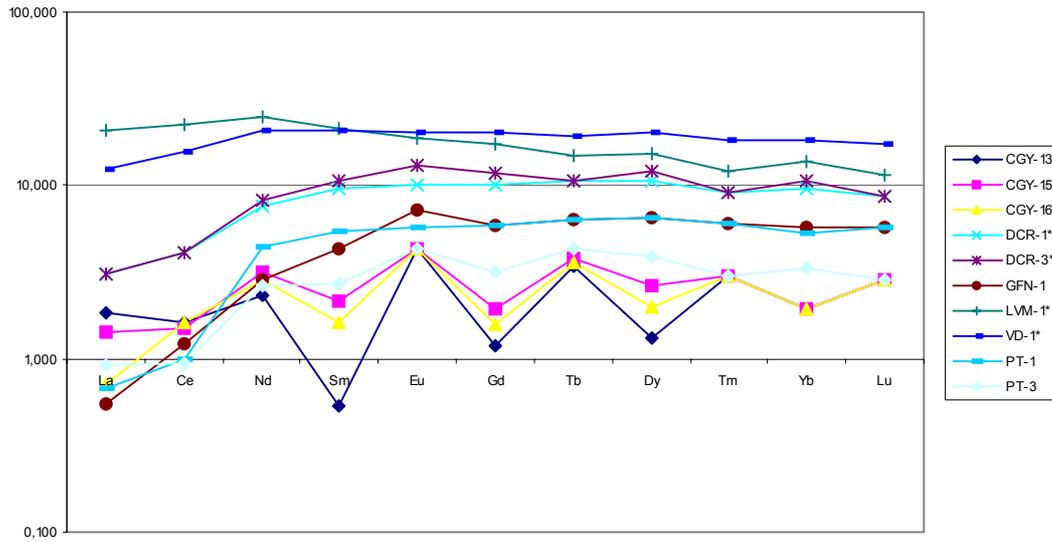


Figura 3.6: Gráfico de variación de los contenidos de tierras raras normalizados a condritos de las rocas del sector Moa-Baracoa.

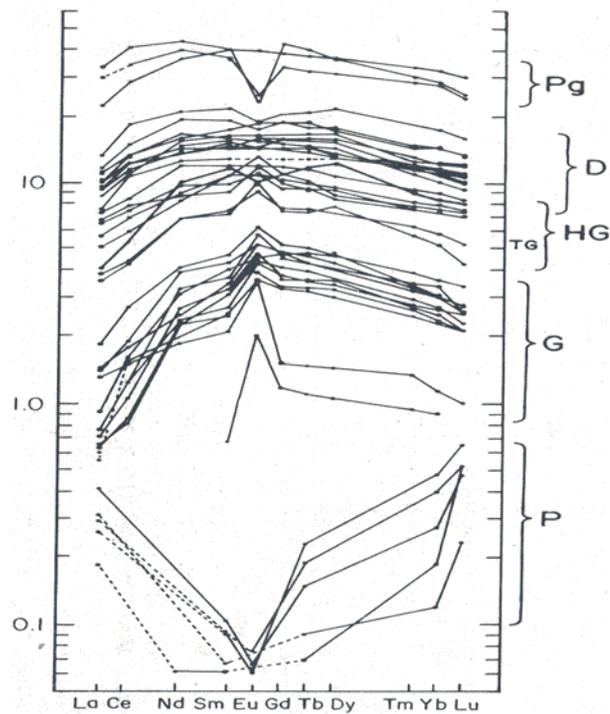


Figura 3.6: Gráfico de variación de los contenidos de las tierras raras normalizados a condritos de rocas pertenecientes al Complejo Ofiolítico de Oman. (P) peridotitos, (G) gabros, (HG) gabros isotrópicos o de alto nivel cortical, (D) diabasas, (Pg) plagioclasas

Los altos contenidos de K_2O en los metagabros de la Sierra del convento sólo guardan cierta relación con los de las vulcanitas del sector Moa-Baracoa y con las de la Sierra del Curial, al igual que como sucede con los contenidos de Na_2O . Los muy altos contenidos de este componente en los metagabros de la Sierra del Convento, al igual que en otras metavulcanitas de este sector, se puede explicar por la presencia de glaucófana, la cual puede surgir a causa del metamorfismo de alta presión de rocas básicas previamente espelitizadas, como son los casos de las vulcanitas y las rocas gabrodiabásicas del complejo Cerrajón. Los muy elevados contenidos de Fe_2O_3 de los metagabros de la Sierra del Convento con relación a los del sector Moa-Baracoa indica el carácter fuertemente melanocráticos de los primeros, muchos de ellos considerados como melagabros en las descripciones de las láminas delgadas.

Esquistos glaucofánicos y otras rocas metamórficas de Sierra del Convento.

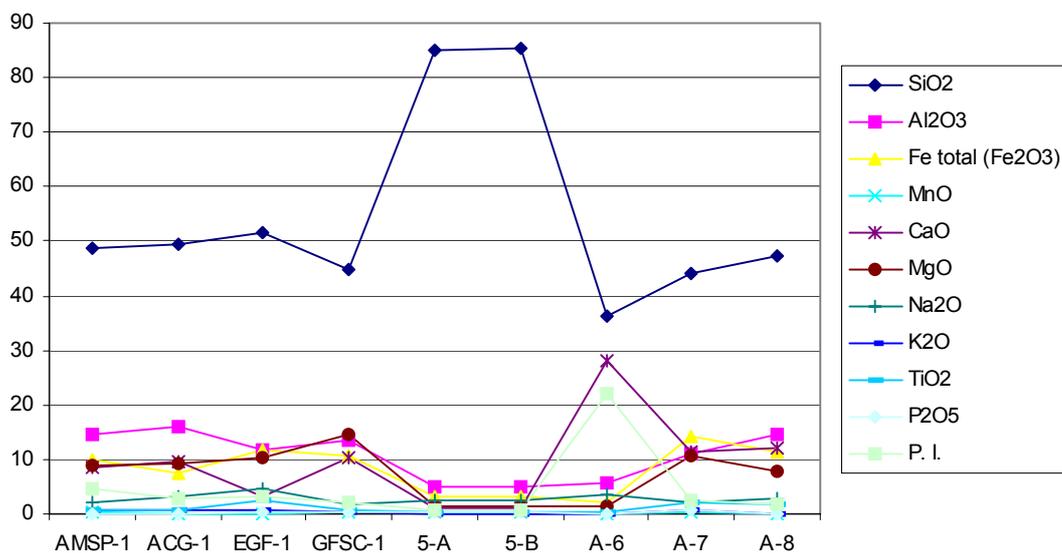
En la tabla 13 y en la figura 3.7 se recogen los contenidos de los componentes mayores de un conjunto de rocas de la Sierra del Convento descritas macroscópicamente y microscópicamente como esquistos glaucofánicos (EGF-1, 5-A y 5-B) y como una anfíbolita rica en calcita (A-6). Una de las rocas considerada como esquisto glaucofánico (EGF-1) presenta una composición química de componentes mayores muy próxima a la de una metabasita, probablemente un basalto, que se destaca por presentar contenido de TiO_2 y Na_2O sumamente elevado, de 2.37 % y 4.47 % respectivamente, así como el segundo contenido más alto de K_2O (0.72 %) entre todas las rocas analizadas en el presente trabajo, este último solamente superado por el de una supuesta andesita de la Sierra del curial metamorfizada a la facies de los esquistos verdes (AMSP-1). Este supuesto metabasalto se destaca, además, por un contenidos significativamente bajos de CaO (3.16 %) y relativamente bajo Al_2O_3 (11.81 %).

Las dos restantes rocas descritas como glaucofánicos (5-A y 5-B) presentan contenidos de SiO_2 sumamente elevados de 85.16 % y 85.25 % respectivamente,

incluso superiores a las de las rocas volcánicas y plutónicas más ácidas (granitos y riolitas).

Tabla 13: Contenidos de elementos mayores en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.

Elementos	AMSP-1	ACG-1	EGF-1	GFSC-1	5-A	5-B	A-6	A-7	A-8
SiO ₂	48,7	49,41	51,58	44,75	85,16	85,25	36,12	44,05	47,16
Al ₂ O ₃	14,54	16,08	11,81	13,4	5,08	5,12	5,61	11,00	14,68
Fe total (Fe ₂ O ₃)	10,1	7,59	11,66	10,74	3,11	3,15	2,27	14,28	11,41
MnO	0,2	0,13	0,15	0,2	0,19	0,19	0,1	0,3	0,13
CaO	8,55	9,76	3,16	10,49	0,98	0,97	28,21	11,25	12,09
MgO	9,03	9,21	10,39	14,63	1,54	1,54	1,36	10,81	7,65
Na ₂ O	2,23	3,18	4,47	1,85	2,32	2,38	3,65	2,05	2,75
K ₂ O	0,76	0,68	0,72	0,34	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,64	0,16
TiO ₂	0,61	0,72	2,37	0,85	0,25	0,25	0,24	2,01	1,67
P ₂ O ₅	0,07	0,06	0,18	0,2	0,19	0,19	0,08	0,67	0,14
P. I.	4,78	2,76	3,2	2,26	0,69	0,63	22,19	2,58	1,67
Suma	99,57	99,58	99,69	99,71	99,51	99,67	99,83	99,64	99,51



Fig

ura 3.7: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.

Estos contenidos de SiO_2 tan elevados obligan a pensar en un protolito sumamente silíceo, probablemente una silicita impura algo arcillosa relacionada con los sedimentos abisales de fondos oceánicos contaminados con material volcánico. Los altos valores de PI y de CaO en la roca A-6 pudieran relacionarse con procesos de carbanatización tardíos, de acuerdo con los análisis petrográficos. Esta roca se caracteriza además por sus contenidos significativamente elevados de Sr y Ba, con 298 ppm y 538 ppm respectivamente.

Granitoides.

Los granitoides de Sierra del Convento han sido descritos con anterioridad por otros investigadores como rocas cuarzo feldespáticas, aplitas, pegmatitas, trondhjemitas, dioritas cuarcíferas y plagiogranitos. En realidad son pequeños y medianos cuerpos magmáticos en los que se puede observar fuertes variaciones de los contenidos de cuarzo, plagioclasa y minerales máficos, particularmente hornblenda y mica; en ellos también suelen estar presentes minerales típicamente metamórficos, como es el caso del granate. Como regla general estos cuerpos se relacionan espacialmente con las anfibolitas, pero según las observaciones de campo pudieran considerarse como inyecciones magmáticas algo más tardías, tal y como indica el contacto apreciablemente discordante de estos cuerpos magmáticos con los planos de foliación de las anfibolitas en muchos afloramientos. Los contenidos de los elementos mayores de algunas muestras de estos granitoides se presentan en la Tabla 15 y en la Figura 3.8 se observa la variación de estos componentes; los mismos se caracterizan por presentar contenidos sumamente elevados de Na_2O , generalmente superiores al 6 %, acompañados de contenidos significativamente bajos de K_2O , en ocasiones inferiores a 0.2 %, por lo que debe esperarse en ellos una muy escasa presencia o ausencia total de feldespatos potásicos. Los bajos contenidos de Fe_2O_3 y MgO en estas rocas están en plena correspondencia con su marcado carácter leucocrático, mientras que los bajos contenidos de CaO están dado por el carácter ácido de la plagioclasa (albita u oligoclasa).

Tabla 14: Contenidos de elementos traza en las metamorfitas del sector Sierra del Convento.

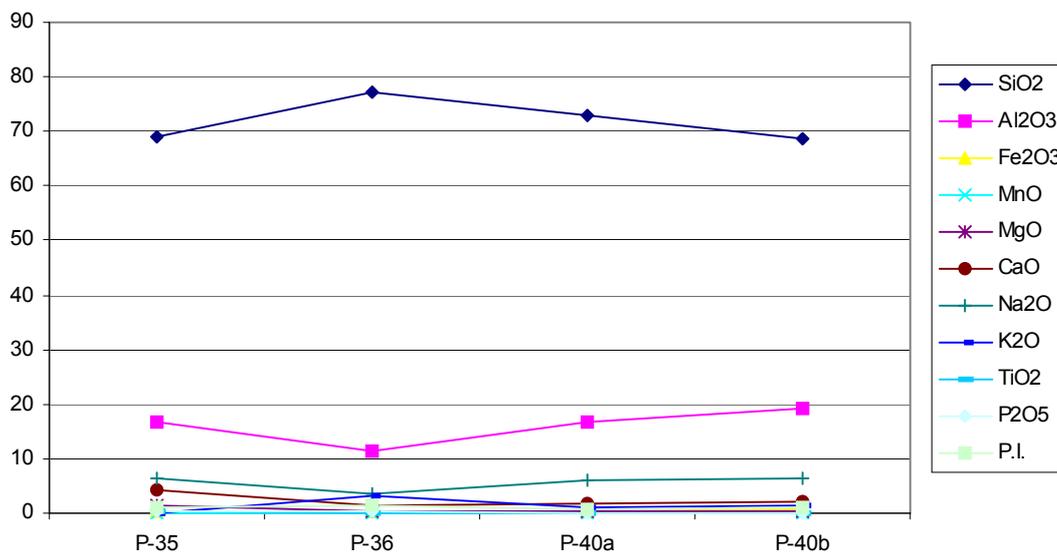
Elementos	5-A	5-B	A-6	A-7	A-8
Ni	95	74	33	51	97
V	62	64	61	464	380
Be	<1	<1	1	<1	<1
Mo	<2	2	5	3	<2
As	<20	<20	<20	<20	<20
Co	<10	<10	16	26	35
Cd	<1	1	3	2	1
Rb	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Sr	30	29	298	97	108
Y	26	26	11	36	29
Zr	51	51	53	38	67
Nb	4	3	7	17	8
Ba	25	29	538	311	56
Ta	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Sn	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Th	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cu	27	30	38	98	11
Cr	126	62	14	338	206
Ag	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
B	49	68	15	42	66
Zn	101	107	117	241	70
Sb	<20	<20	<20	<20	<20
Pb	<10	<10	12	<10	<10
Au	< 9	10	< 9	< 9	26

De acuerdo con los contenidos de los componentes mayores exhibidos por los granitoides de Sierra del convento, dentro del marco de la clasificación internacional de las rocas ígneas, ocuparían el campo correspondiente a las tonalitas; sólo la muestra P-36, por sus contenidos de Na₂O y K₂O pudiera ocupar los campos correspondientes a las granodioritas o los granitos (Tabla 15). Estas intrusiones cuarzo-feldespáticas sódicas pudieron haber desempeñado un importante papel en el proceso de retrometamorfismo experimentado por las metamorfitas en la Sierra del Convento, tal y como se ha considerado en otros

macizos en los que estos cuerpos guardan relación espacial con eclogitas y las anfibolitas.

Tabla 15: Composición química de los granitoides de Sierra del Convento.

Elementos	P-35	P-36	P-40a	P-40b
SiO ₂	69,05	77,24	72,9	68,52
Al ₂ O ₃	16,6	11,55	16,59	19,2
Fe ₂ O ₃	0,43	0,31	0,38	0,57
MnO	0,05	0,05	40,0	50,0
MgO	1,45	0,41	0,32	0,49
CaO	4,13	1,47	1,9	2,03
Na ₂ O	6,37	3,53	6,03	6,48
K ₂ O	0,12	3,35	0,89	1,57
TiO ₂	0,3	0,09	540,0	50,0
P ₂ O ₅	0,22	0,2	0,12	0,15
P.I.	0,93	1,53	0,86	1,01
Suma	99,65	99,73	100,075	100,12



Fig

ura 3.8: Gráfico de variación de los contenidos de los componentes mayores en los granitoides del sector Sierra del Convento.

3.3 Análisis de los datos petrográficos.

Los metagabros y metavulcanitas de Sierra del Convento son, hasta el momento, las únicas rocas estudiadas petrográficamente con suficiente profundidad. En esta investigación solamente contamos con secciones delgadas de la región de Sierra del Convento. En las Fotos 1, 2, 3 y 4 se muestran algunas fotos de secciones delgadas de rocas pertenecientes a este macizo. En ellas se observa la presencia de minerales metamórficos como el granate, la glaucofana y la epidota.

Foto 1 Microfotografía de un esquistu glaucofánico con granate.

Foto 2 Microfotografía de un esquistu glaucofánico.

Foto 3 Microfotografía de un esquistu verde.

Foto 4 Microfotografía de un esquistu verde.

Meta-gabros.

Estas rocas provienen de cuerpos geológicos, muy probablemente originalmente *mela-gabros*, que fueron metamorfizados bajo las condiciones de la **facies alta** de las anfibolitas. Las rocas resultantes son anfibolitas con granates que muestran una **textura gneisica** (Foto 1). Este estado está todavía bien visible en numerosas muestras. En muchas muestras se nota una alteración retrograda bajo condiciones de la **facies de los esquistos verdes**, documentada por cambios de la textura así como alteraciones de minerales.

En todas las muestras es posible reconocer los minerales primarios, al menos por las formas originales de sus granos, mientras que la textura magmática original solo se identifica con mucha dificultad por la forma de los granos y la orientación ligeramente paralela de las hornblendas en algunas muestras.

Durante el primer metamorfismo, se produjo la transformación de los piroxenos magmáticos en hornblendas. Las escasas plagioclasas posiblemente experimentaron una nueva orientación debido a una recristalización. El **granate** es el mineral metamórfico típico, junto con la formación de **titanita**. Un mineral de mena, probablemente **titanomagnetita**, se transformó en **leucoxeno** y **hematita**.

Durante el segundo metamorfismo (de facies de esquistos verdes), las hornblendas se transformaron en **hornblendas azul verdosa** (hornblenda

actinolítica y actinolita, esta última como consecuencia de un metamorfismo más intenso). También en esta fase ocurrió la formación de epidota, clinozoisita, albita, clorita, muscovita, titanita y hematita, las dos últimas recristalizadas y con nueva orientación. Una esquistosidad s_2 es claramente visible, pero en ningún caso penetra completamente la roca.

Dentro de estas rocas anfíbolíticas están presentes rocas caracterizadas como auténticas hornblenditas y gneis con hornblenda. Macroscópicamente en ellas se identifican partes ricas y pobres en plagioclasa, con anfíboles (70-80%) + plagioclasa + minerales de mena. La textura carece de orientación y puede ser interpretada como representante de la cristalización magmática original. En la parte rica en plagioclasa, hay una relación plagioclasa/anfibol de 50:50. En estas rocas se observa la presencia de titanita y apatito como minerales accesorios, así como trazas de clinopiroxeno dentro de los anfíboles, como relictos no transformados; la transformación metamórfica de la plagioclasa va desde turbidez ligera hasta sausuritización total (formación de albita + epidota + calcita bajo condiciones metamórficas). Las epidotas formadas retrogradacionalmente son (en las partes claras) no sólo más frecuentes, sino también más grandes, indicio de una reacción mineralógica más intensa en estas partes durante la retromorfosis. La hornblenda es una *tschermakita pargasítica* (según el análisis microscópico) que se transforma progresivamente durante la deformación s_2 en hornblenda actinolítica, llegando finalmente hasta actinolita. Se ven actinolitas neoformadas dentro de las hornblendas grandes como fenómenos nuevos de reacción, y especialmente epidota + cuarzo en los límites de los granos y sobre todo en los planos de la esquistosidad s_2 , los cuales probablemente se formaron a costa del granate. La orientación textural de los dos minerales paragenéticos está en favor de esta interpretación.

Las partes más oscuras de estas rocas llegan a ser prácticamente monominerales y presentan los rasgos distintivos de un protolito magmático. En ellas el metamorfismo retrogrado afecta a todos los minerales, presentando hornblenda actinolítica y actinolita, la primera dentro de los núcleos de las formas preservadas de hornblenda y la última en partes marginales y en planos de cizalla. Estas partes

han sido deformadas tectónicamente con mayor intensidad, lo que causa una alteración retrograda más fuerte, observándose que la S_2 es paralela a la s_1 , documentado por la orientación de las actinolitas neoformadas. Hay presencia de esfena orientada según s_1 y s_2 , lo que indica la rotación de algunos minerales durante la foliación y la cantidad de minerales de mena es más grande, incluyendo la presencia de dos sulfuros no identificables con una relación 10:1 y parcialmente alterados; algunos anfíboles están fuertemente cizallados paralelamente al clivaje (110). Los planos de la foliación se encuentran enriquecidos en muscovita y albita, las cuales se encuentran bien alineadas.

En las partes oscuras con la diferencia que hay restos de piroxeno magmático (partes del educto) y las hornblendas son más grandes y es remarcable la falta de plagioclasas y , consecuentemente, los posibles minerales secundarios que pudieran formarse a partir de ellas. Con frecuencia se nota la presencia de zircón y blastos más grandes de esfena y leucoxeno, el último formado retrogradacionalmente a costa de la primera. Hay un granate intercrecido con la esfena que no fue deformado por la foliación, logrando así su preservación, lo que también está a favor de la idea de que estas rocas son anfíbolitas con granates. Esporádicamente dentro de la hornblenda se revelan zircones con aureolas pleocroicas.

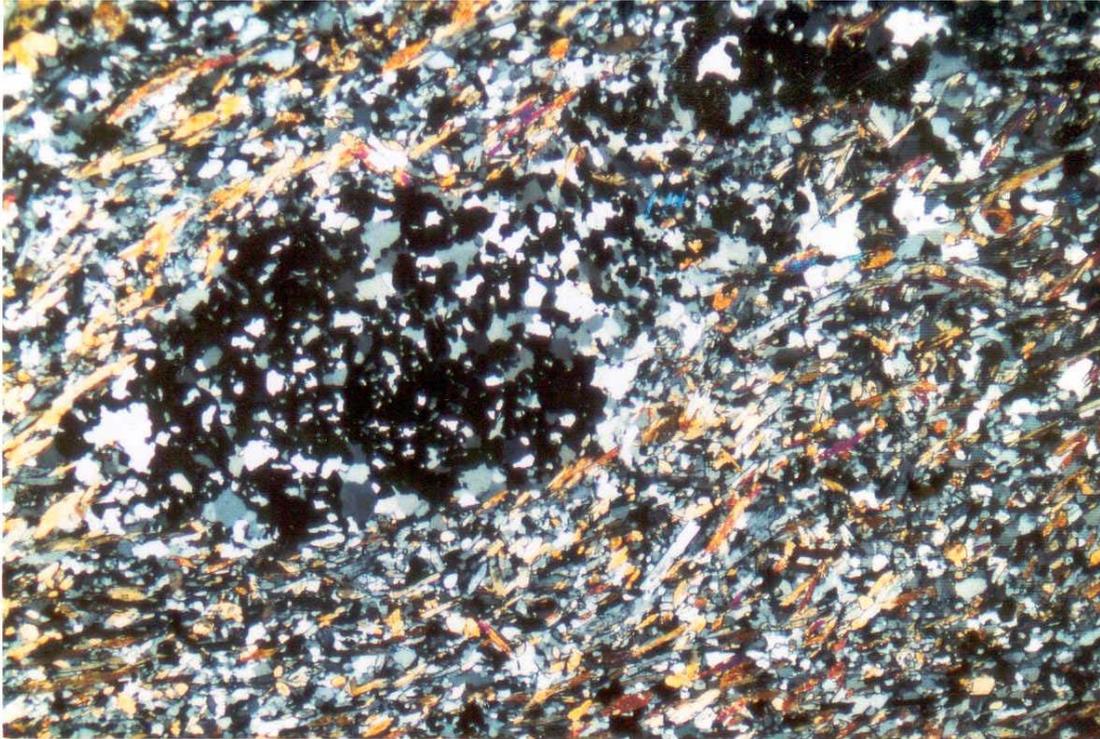
Las rocas consideradas como auténticas anfíbolitas granatíferas presentan una fábrica paralela a la s_1 original con grandes blastos de hornblenda, observándose una segunda deformación, que como resultado de una segunda blastesis (metamorfismo) dio lugar a nuevas texturas y nuevos minerales (hornblenda → hornblenda azul-verde → actinolita) indicadores de deformación y transformación continuas controladas por el enfriamiento y la intensidad de la deformación, durante la cual se pasó desde la facies baja de las anfíbolitas hasta la facies de los esquistos verdes. Esto es el resultado de desenterramiento continuado de las rocas bajo un continuo stress, lo que está comprobado por el espectro completo de las texturas y transformaciones de los minerales observados en las muestras analizadas.

Todo este proceso favoreció también la formación de subgranos de hornblenda en las partes tectónicamente más deformadas, así como la formación de epidota en las mismas y en los planos de cizalla s_2 . Los granates resultantes de este proceso presentan inclusiones de cuarzo y esfena. Durante el metamorfismo retrogrado también se cuarzo, que aparece en forma lenticular junto con leucoxeno y clinozoisita. La presencia de este último mineral indica que todo el proceso llegó a las condiciones de presiones y temperaturas correspondientes a la facies de esquistos verdes.

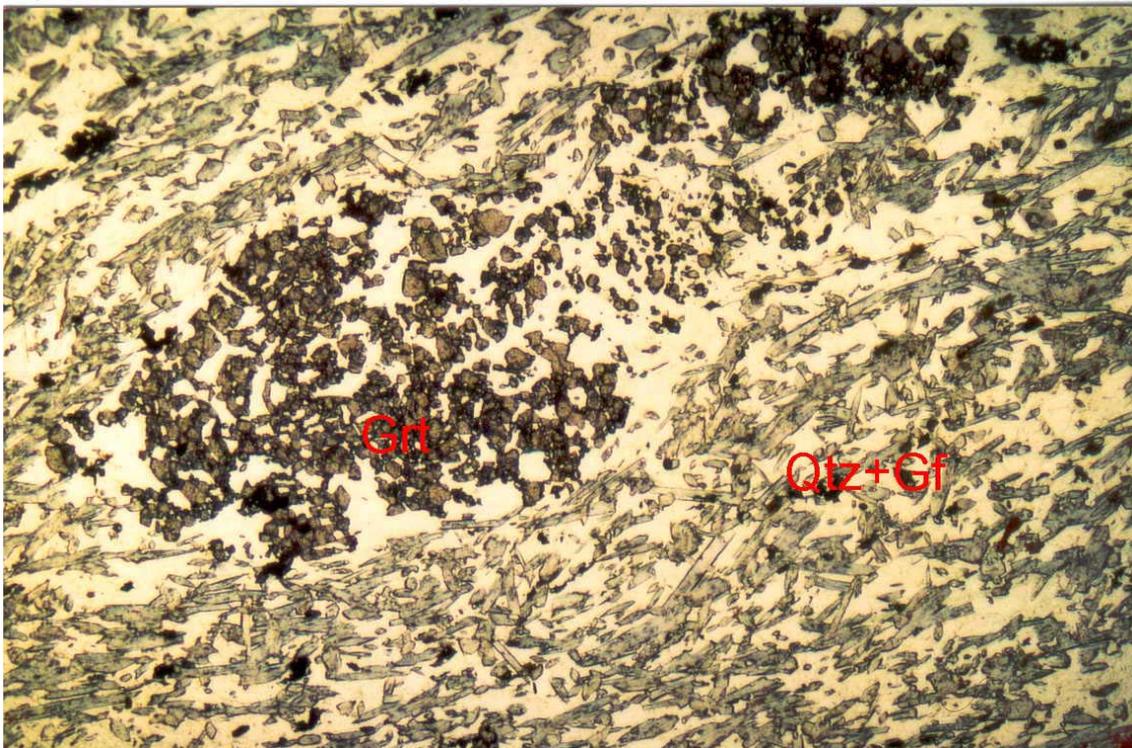
Metavulcanitas (Esquistos Glaucofánicos).

Las rocas de carácter esquistoso relacionadas espacialmente con los metagabros pueden ser catalogadas como metavulcanitas y metasedimentitas.

En ellas se nota solamente una deformación y una blastesis claras y no se puede ver alteración retrograda alguna, de manera que se puede suponer que, con relación a los metagabros, estas rocas pertenecen a objetos geológicos que durante el metamorfismo se encontraban a menor profundidad o no fueron subducidos tan profundamente. Basado en la presencia de glaucofana, se puede concluir con seguridad que las rocas provienen de una zona de subducción y que sus protolitos fueron rocas sedimentarias y magmáticas efusivas. Los esquistos azules, que son los más comunes, presentan en su composición glaucofana, granate, cuarzo, epidota, albita, esfena, circón, titanomagnetita, leucoxeno y hematita, estos dos últimos como minerales secundarios. La textura de estos esquistos es típicamente nemato-granoblástica con una alineación muy buena y en ellos se observa sólo una fase de deformación (s_1). En la mayoría de los casos estas rocas corresponden a metatufitas.

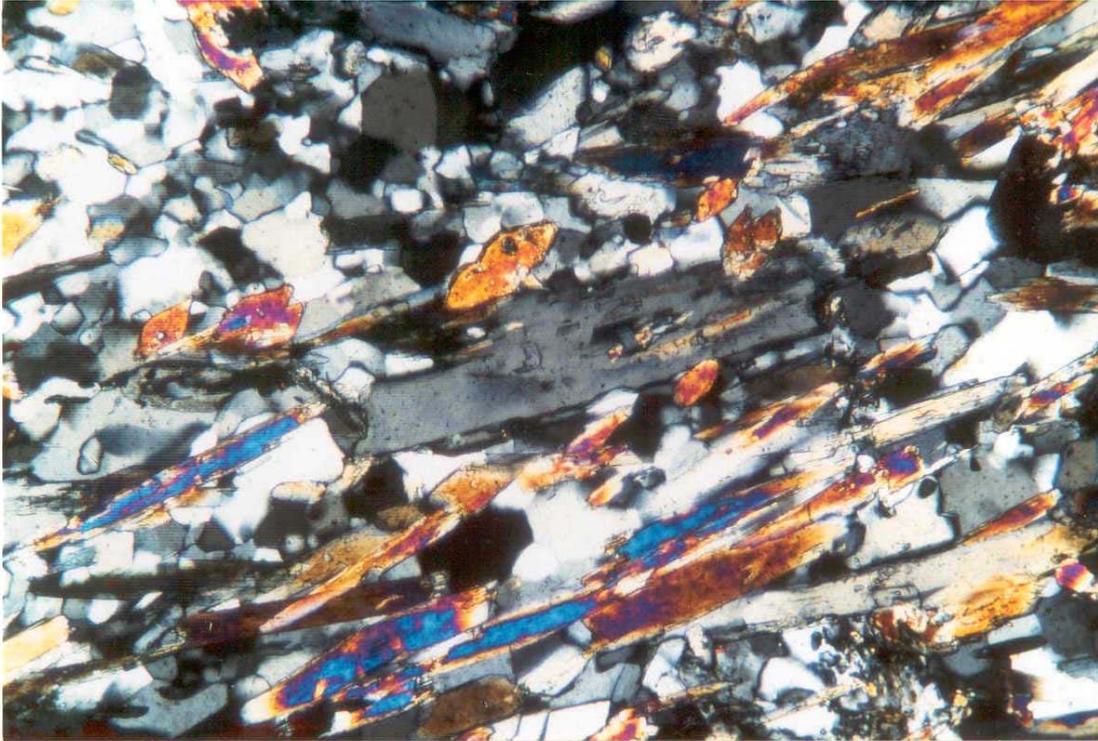


a) Nícoles X.

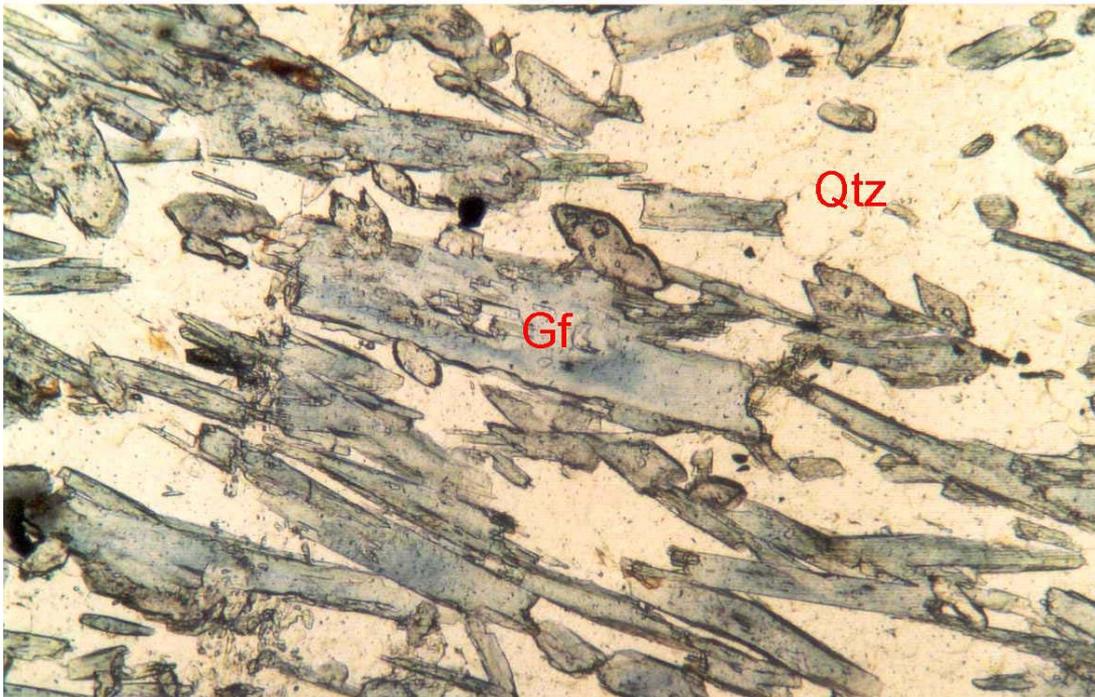


b) Sin nicoles .

Foto 1 Microfotografía de un esquistu glaucofánico con granate.

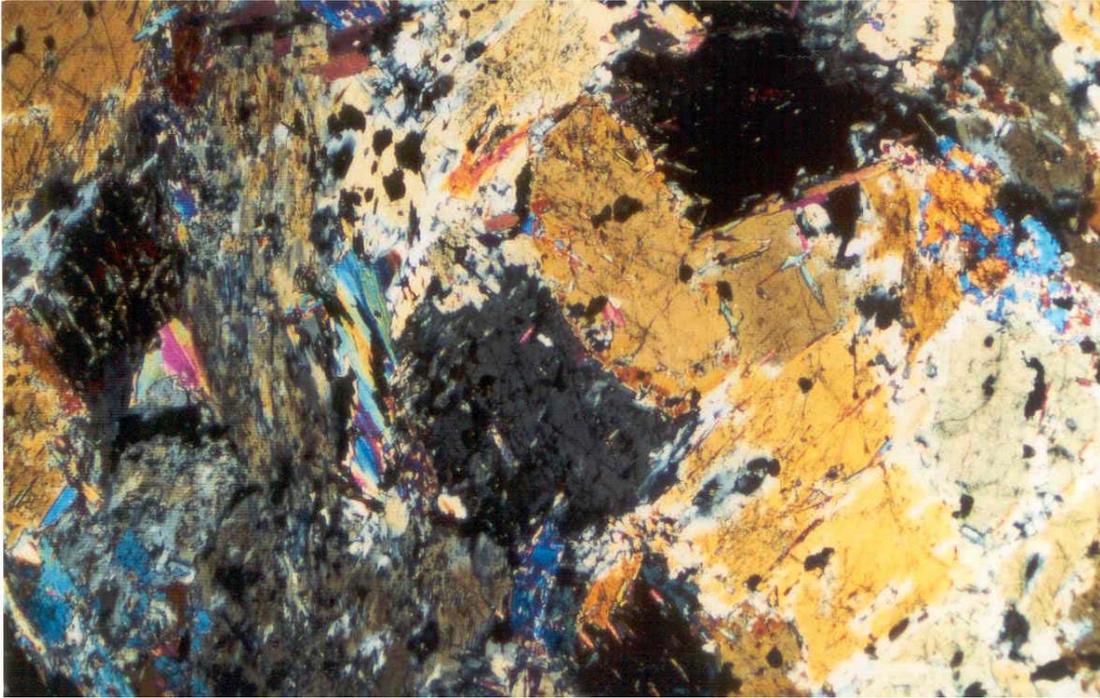


a) Nicoles X.

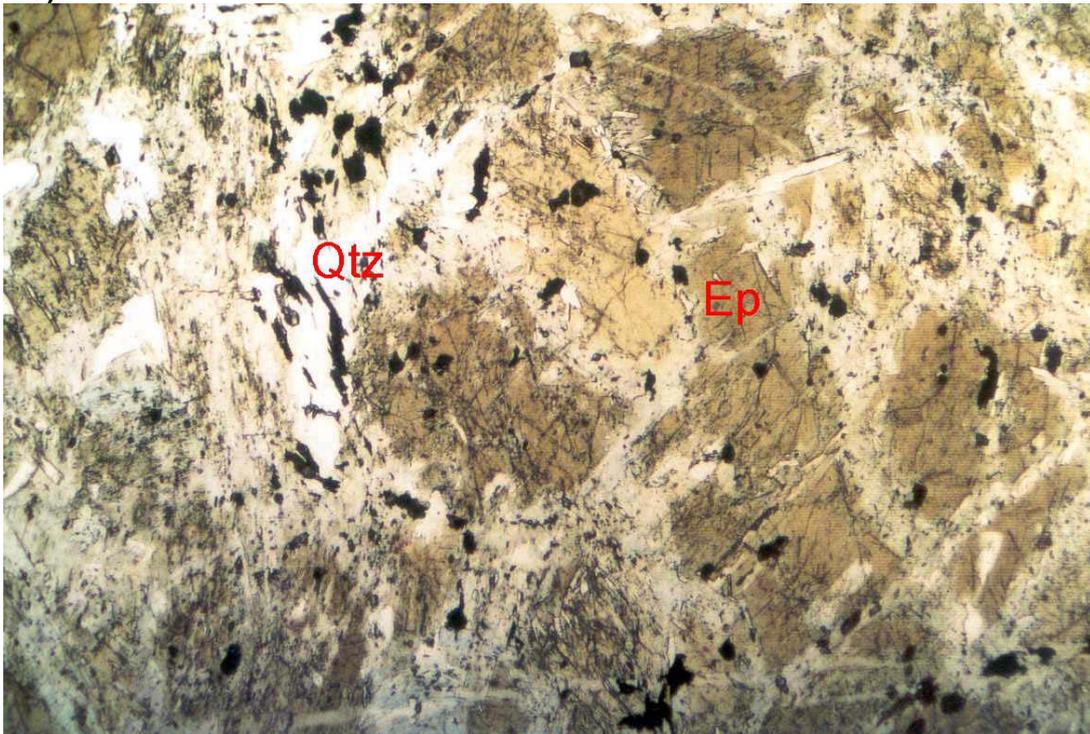


b) Sin nicoles.

Foto 2 Microfotografía de un esquistu glaucofánico.

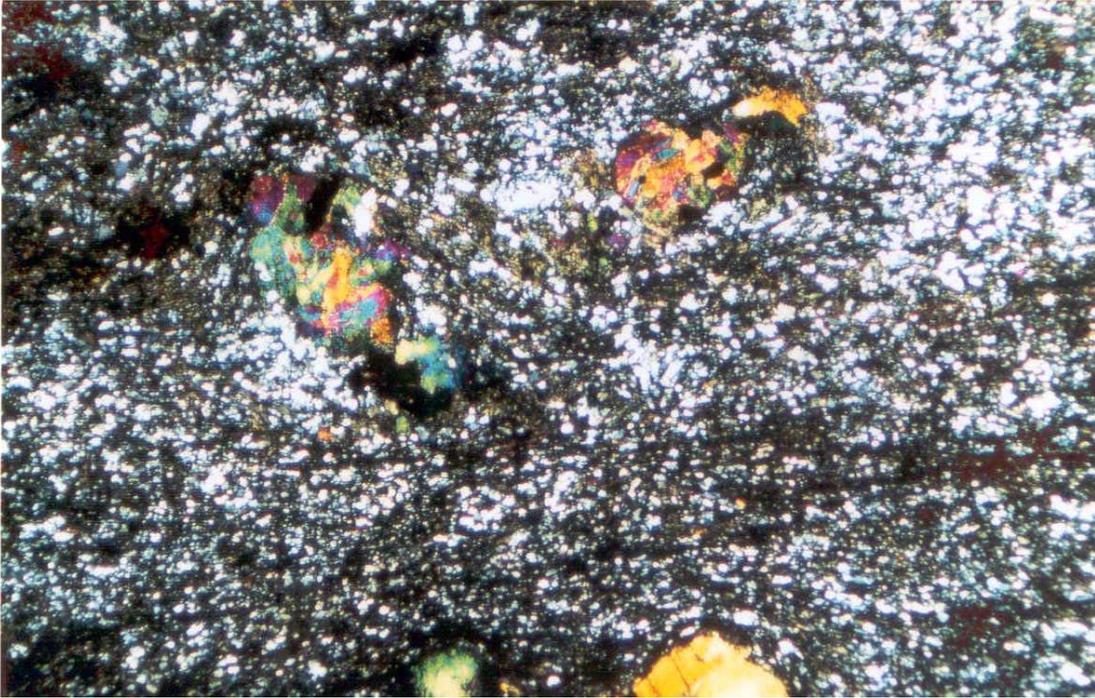


a) Nicoles X.

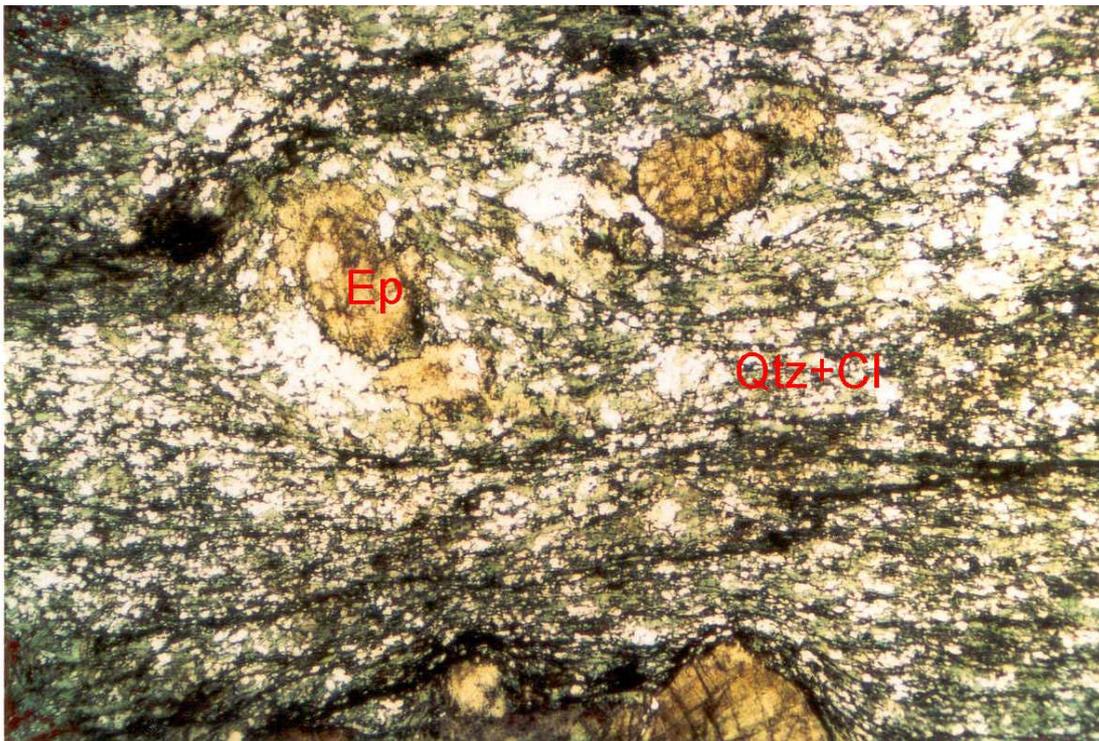


b) Sin nicoles.

Foto 3 Microfotografía de un esquistó verde.



a) Nicles X.



b) Sin nicles.

Foto 4 Microfotografía de un esquistó verde.

Conclusiones:

1. Petroquímicamente los gabros del sector Moa-Baracoa son muy semejantes a los gabros cumulativos pertenecientes a las ofiolitas de Omán y de otras ofiolitas, mientras que las denominadas “peridotitas impregnadas” presentan gran similitud con los ortocumulos de Olivino y Piroxeno de dichas ofiolitas.
2. Las rocas gabro-diabásicas del Complejo Cerrajón por sus características petroquímicas difieren significativamente de las diabasa del complejo de diques paralelos de las ofiolitas de Omán y de los volcánicos relacionados espacialmente con las ofiolitas del sector Moa-Baracoa, indicando un origen y marco geotectónico diferente al ofiolítico.
3. Petroquímicamente los metagabros de Sierra del Convento (ofiolitas meridionales) difieren significativamente de los gabros del sector Moa-Baracoa, indicando que ambos pertenecen a ambientes geotectónicos diferentes.
4. Los datos petrográficos de las metamorfitas de Sierra del Convento indican que estas son el resultado de un marcado proceso de retrometamorfismo, desde la facies de las eclogitas hasta la de las anfibolitas e incluso de los esquistos verdes. La presencia de pequeñas intrusiones ácidas (plagiogranitos o trondhemitas) en estrecha relación con las metamorfitas de alta presión pudieron influir significativamente en el proceso de retrometamorfismo, tal y como se ha comprobado en otras partes del mundo en que este fenómeno se ha logrado comprobar (Cabo Ortegal, España y algunas regiones de Suecia).

Recomendaciones:

1. Realizar investigaciones petroquímicas más detalladas para confirmar la pertenencia de las rocas del Complejo Cerrajón a las Ofiolitas septentrionales o al Arco Volcánico Cretácico.
2. Realizar estudios texturales petrográficas para confirmar si las “peridotitos impregnadas” son tales o si realmente son rocas cumulativas.
3. Realizar investigaciones petrográficas y petroquímicas más profundas acerca del papel desempeñado por las pequeñas intrusiones ácidas en el retrometamorfismo de las rocas de la Sierra del Convento.

Bibliografía

- 1- Adamovich A. y Chejovich V. Principales características de la geología y minerales útiles de la región norte de la provincia de oriente. Revista Tecnológica. 1962.
- 2- Albear, J.; I. Boyanov; K. Brezsnianszky; R. Cabrera; V. Chejovich; B. Echevarría; R. Flores; F. Formell; G. Franco; I. Haydutov; M. Iturralde-Vinent; I. Kantchev; I. Kartashov; V. Kostadinov; G. Millán; R. Myczynski; E. Nagy; J. Oro; L. Peñalver; K. Piotrowska; A. Pszczolkowski; J. Radoczj; Rudnicki; M.L. Somin. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000, 1988.
- 3- Andó, J.; M. Kozák; Y. Ríos. Caracterización general de la asociación ofiolítica de la zona Holguín-Moa y el papel de las ofiolitas en el desarrollo estructural de Cuba. Minería y Geología, 1:15-33, 1989.
- 4- Blanco, J y Proenza, J. Terrenos tectono-estratigráficos en Cuba Oriental. Revista Minería y Geología, No. 3, 1994.
- 5- Campos, M. Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de Holguín y Guantánamo. Minería y Geología, 2: 51-76, 1983.
- 6- Campos, M. Tectónica y minerales útiles de la asociación ofiolítica y de los complejos vulcanógenos del arco insular Cretácico de Cuba oriental. Inédito, 1990.
- 7- Cobiella, J.L. Estratigrafía y paleogeografía del Paleógeno de Cuba oriental. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMM, 1978.
- 8- Cobiella, J.L. Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba. International Geology Review, 42: 594-616, 2000.
- 9- Cobiella, J.L. Zonación estructuro facial del corte Paleoceno Eoceno Medio de Cuba. Minería y Geología, 14(1): 3-12, 1997.
- 10-Crespo, E. Análisis estratigráfico del Oligoceno en Cuba oriental. Tesis de Maestría. ISMMM, 1996. 79 p.
- 11-Fonseca, E.; V.N. Zelepugin; M. Heredia. Structure of the ophiolite association of Cuba. Geotectonic, 19: 321-329, 1985.
- 12-Fonseca, E.; V. Sladkevich; M. Santa Cruz; A. Morales; R. Rodríguez; C. Capote; M. Navarrete; I. García. Geología de los yacimientos cromíticos

- con evaluación pronóstico. Informe final tema 401-12. Unidad Minera Punta Gorda, Moa, Cuba, 1992.
- 13-García, I. y E. Fonseca. La mineralización cromítica y su relación con las cloritas en el yacimiento Amores. *Minería y Geología*, 11: 50-54, 1994.
- 14-Gyarmati, P. y J. Leyé O`Conor. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. O. N. R. M., 1990.
- 15-Gyarmati, P.; I. Méndez; M. Lay. Caracterización de las rocas del arco de islas Cretácico en la Zona Estructuro – Facial Nipe – Cristal – Baracoa. En: G. F. Furrázola, K. E. Núñez – Cambra (eds). *Estudios sobre Geología de Cuba*. Ciudad de La Habana. Instituto de Geología y Paleontología, 1997. p 357 – 364.
- 16-Iturralde-Vinent, M. A. Estratigrafía de la zona Calabazas-Achotal, Mayarí Arriba. Oriente. *La Minería en Cuba*, 5: 9-23, 1976.
- 17-Iturralde-Vinent, M. A. Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP project 364. Special contribution n.1, 1996, p. 83-120.
- 18-Iturralde-Vinent, M. A. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispana*, 33(1-4): 9-56, 1998.
- 19-Keer, A.C.; M. Iturralde-Vinent; A.D. Saunders; T.L. Babbs; J. Tarney. A new plate tectonic model of the Caribbean: implications from a geochemical reconnaissance of Cuba Mesozoic volcanic rocks. *GSA Bulletin*, 111: 1581-1599, 1999.
- 20-Lebron, M.C. y M.R. Perfit. Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc rock, Cordillera Oriental, Dominican Republic. *Tectonophysics*, 229: 69-100, 1994.
- 21-Manso, A. Estudio generalizado del Oligo-Mioceno en el sector Frank País. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMMM, 1995. 73p.
- 22-Millán, G. Metamorfitas de la Asociación Ofiolítica de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M.A. ed., *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP Project 364. Special Contribution n.1, 1996. p. 131-153.

- 23-Nagy, E.; K. Brezsnianszky; A. Brito; D.P. Coutin; F. Formell; G.L. Franco; P. Gyarmati; P. Jakus; G.Y. Radocz. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000. Academia de Ciencias de Cuba, 1976.
- 24-Nagy, E.; K. Brezsnianszky; A. Brito; D.P. Coutin; F. Formell; G.L. Franco; P. Gyarmati; P. Jakus; G.Y. Radocz. Contribución a la geología de Cuba oriental. La Habana, Editorial Científico Técnica, 1983. 273 p.
- 25-Proenza J. Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). Ejemplo del yacimiento merceditas. Tesis Doctoral, ISMM, 1997.
- 26-Proenza, J. y N.M. Carralero. Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo. *Minería y Geología*, 11: 3-10, 1994.
- 27-Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo; J.L. Bodinier. Al- and Cr-rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (Eastern Cuba): Consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94: 547-566, 1999.
- 28-Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla. La faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba oriental): una litosfera oceánica modificada en una zona de suprasubducción cretácica. En: Tercera Conferencia Internacional sobre Geología de Cuba, el Golfo de México y el Caribe Noroccidental, 2000.
- 29-Quintas, F. Bioestratigrafía del corte Meso-Cenozoico del extremo oriental de Cuba. *Minería y Geología*, 13(1): 3-8, 1996.
- 30-Quintas, F. y J. Blanco. Paleogeografía de la cuenca San Luis y su importancia para la interpretación de la evolución geológica de Cuba Oriental. *Minería y Geología*, 10: 3-14, 1993.
- 31-Quintas F. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis doctoral, Departamento de Geología, I.S.M.M., 1989.
- 32-Ríos, Y.I. y J.L. Cobiella. Estudio preliminar del macizo de gabroides Quesigua de las ofiolitas del este de la provincia de Holguín. *Minería y Geología*, 2: 109-132, 1984.

- 33-Rodríguez, A. Estilo tectónico y geodinámico de la región de Moa. *Minería y Geología*, 15(2): 37-41, 1998a.
- 34-Rodríguez, A. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgo de génesis tectónica. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM, 1998b. 124p.
- 35-Rodríguez, R. Estudio petrológico de las rocas de afinidad ofiolítica portadoras de ilmenita en la zona de Cayo Grande en el macizo Moa-Baracoa. Tesis de Maestría. Centro de Información. ISMMM, 2000. 69p.
- 36-Torres, M. Característica de la asociación ofiolítica de la región norte de Moa-Baracoa y su relación con el arco volcánico Cretácico. Trabajo de Diploma. Centro de Información. ISMMM, 1987.
- 37-Torres, M. y E. Fonseca. Características geólogo – petrológicas del contacto entre la asociación ofiolítica y el arco volcánico en Moa – Baracoa. *Boletín de Geociencias*, 4: 18-32, 1990.