

Caracterización petrológica-geoquímica de la asociación ultramáfica del complejo ofiolítico Moa-Baracoa en el sector Camarioca Sur

Petrologic-geochemical characterization of ultramafic association in Camarioca Sur area of Moa-Baracoa ophiolite complex

Yurisley Valdés-Mariño^{1*}, José Nicolás Muñoz-Gómez¹, Gerardo Antonio Orozco-Melgar¹, Idael Francisco Blanco-Quintero², Luis Alberto Pérez-García¹, Jorge Urra-Abraira³

¹Universidad de Moa, Holguín, Cuba.

²Universidad de Alicante, España

³Empresa Moa Nickel S.A. Pedro Sotto Alba, Moa, Holguín, Cuba

*Autor para correspondencia: yvaldes@ismm.edu.cu

Resumen

Camarioca Sur es un sector de la asociación ofiolítica Moa-Baracoa compuesto por ultramafitas piroxénicas, espinelas cromíferas, anfibolitas gnéisicas y granofels anfibolíticos, en el cual se ha documentado la presencia de diques de rocas compactas y duras, de color blanco a gris oscuro con escaso desarrollo de corteza de meteorización. Para caracterizar, petrológica y geoquímicamente, la asociación litológica ultramáfica y los diques leucocráticos asociados se analizaron secciones delgadas de doce muestras. Se encontró que las rocas ultramáficas que predominan son dunitas y harzburgitas, las que se encuentran cortadas por diques leucocráticos. Las peridotitas están compuestas por olivino principalmente, con presencia de cromo-espinelas y en menor medida piroxenos. Las rocas están parcial o totalmente transformadas a minerales del grupo de la serpentina (antigorita, lizardita y venillas de crisotilo). Algunas peridotitas están metamorfozadas, desarrollando talco + tremolita + clorita. Las rocas leucocráticas, que cortan a través de diques a las peridotitas, están constituidas principalmente por plagioclasa (oligoclasa-andesina), cuarzo y actinolita, y como accesorios

aparecen moscovita, apatito y rutilo. Estos diques muestran un ligero metamorfismo, desarrollando una foliación y la formación de albita + clinozoicita + caolinita, lo que denota condiciones de un metamorfismo de grado desde bajo hasta medio.

Palabras clave: asociación ofiolítica Moa-Baracoa; Camarioca Sur; antigorita; harzburgitas; dunitas; rocas leucocráticas.

Abstract

Camarioca Sur is a sector in Moa-Baracoa ophiolitic complex composed of pyroxene ultramaphites, gneissic amphiboles, chromium-spinels and amphibolitic granofels, in which the presence of compact and hard rock dykes has been documented, white to dark gray color and poor weathering crust development. The aim of this research is to characterize the associated leucocratic dykes and the ultramafic lithological association of Moa-Baracoa ophiolitic complex in Camarioca Sur sector by using petrological and geochemical techniques. It was found harzburgite dunites are the predominant rocks. Peridotites are mainly composed of olivine, with the presence of chromium-spinels and to lesser extent pyroxenes. The rocks are partial or totally transformed into minerals of serpentine group (antigorite, lizardite and chrysotile). Some peridotites are metamorphosed, developing talcum + tremolite + chlorite. The leucocratic rocks, which cut through the peridotite dikes, consist mainly of plagioclase (oligoclase-andesine), quartz and actinolite, and apatite, Muscovite and rutile as accessories. These dikes show a slight metamorphism, developing a foliation and the formation of albita + clinozoisite + kaolinite, which denotes conditions of metamorphism of degree from low to medium.

Keywords: Moa-Baracoa ophiolitic association; Camarioca Sur; antigorite; harzburgite; dunites; leucocratic rocks.

1. INTRODUCCIÓN

La asociación ofiolítica Moa-Baracoa se caracteriza por la presencia de ultramafitas con predominio de harzburgitas y, en menor medida, dunitas; además se han identificado dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas, piroxenitas y rocas vulcanógenas ultramáficas metamorfozadas (Adamovich y Chejovich 1962; Aleojin *et al.* 1977; Sitnikov 1976; Iturralde-Vinent 1996; Proenza *et al.* 1999; Cobiella-Reguera 2005; Marchesi *et al.* 2011; Chang-Rodríguez y Rojas-Purón 2018; Llanes-Castro *et al.* 2019 y Valdés-Mariño *et al.* 2019).

Los estudios de la asociación ofiolítica Moa-Baracoa en la región de Moa, particularmente, se han enfocado al esclarecimiento e identificación de las fases minerales portadoras de los componentes útiles en las lateritas: hierro, níquel y cobalto (Rojas-Purón y Orozco-Melgar 1994; Muñoz-Gómez *et al.* 2004); a la presencia de minerales exóticos en cromititas ofiolíticas (Proenza *et al.* 2017) y a la existencia de escandio y otros metales de las tierras raras en los yacimientos lateríticos (Carballo-Peña *et al.* 2018).

Camarioca Sur es un sector de la asociación ofiolítica en la región de Moa compuesto por peridotitas, cuerpos de cromititas, anfibolitas gnéissicas y granofels anfibolíticos. Se han documentado además diques de rocas compactas y duras, de color blanco a gris oscuro con escaso desarrollo de corteza de meteorización. Esta investigación tuvo el propósito de caracterizar petrológica y geoquímicamente la asociación litológica ultramáfica y diques leucocráticos en este sector de la asociación ofiolítica Moa-Baracoa.

1.1. Marco geológico regional

En el macizo montañoso Sagua-Moa-Baracoa (Figura 1 A) afloran principalmente unidades oceánicas correspondientes a las ofiolitas septentrionales y arcos de islas volcánicas del Cretácico y el Paleógeno (Quintas-Caballero 1989; Cobiella-Reguera 2000; Iturralde-Vinent y Lidiak 2006; Blanco-Quintero *et al.* 2011a)

La asociación ofiolítica, desde el basamento mantélico hasta los sedimentos oceánicos, está separada estratigráficamente en complejos petrológicos (Figura 1 B), en el caso específico del sector Camarioca Sur se encuentran los siguientes:

- a) Complejo harzburgítico con textura de tectonitas
- b) Complejo harzburgítico con intercalaciones de lente de dunitas y peridotitas impregnadas con plagioclasa y clinopiroxenos; sills y diques de gabros y pegmatoides gabróticos y cuerpos de cromititas podiformes; el complejo se corresponde con la zona de transición manto-corteza oceánica
- c) Complejo máfico con gabros

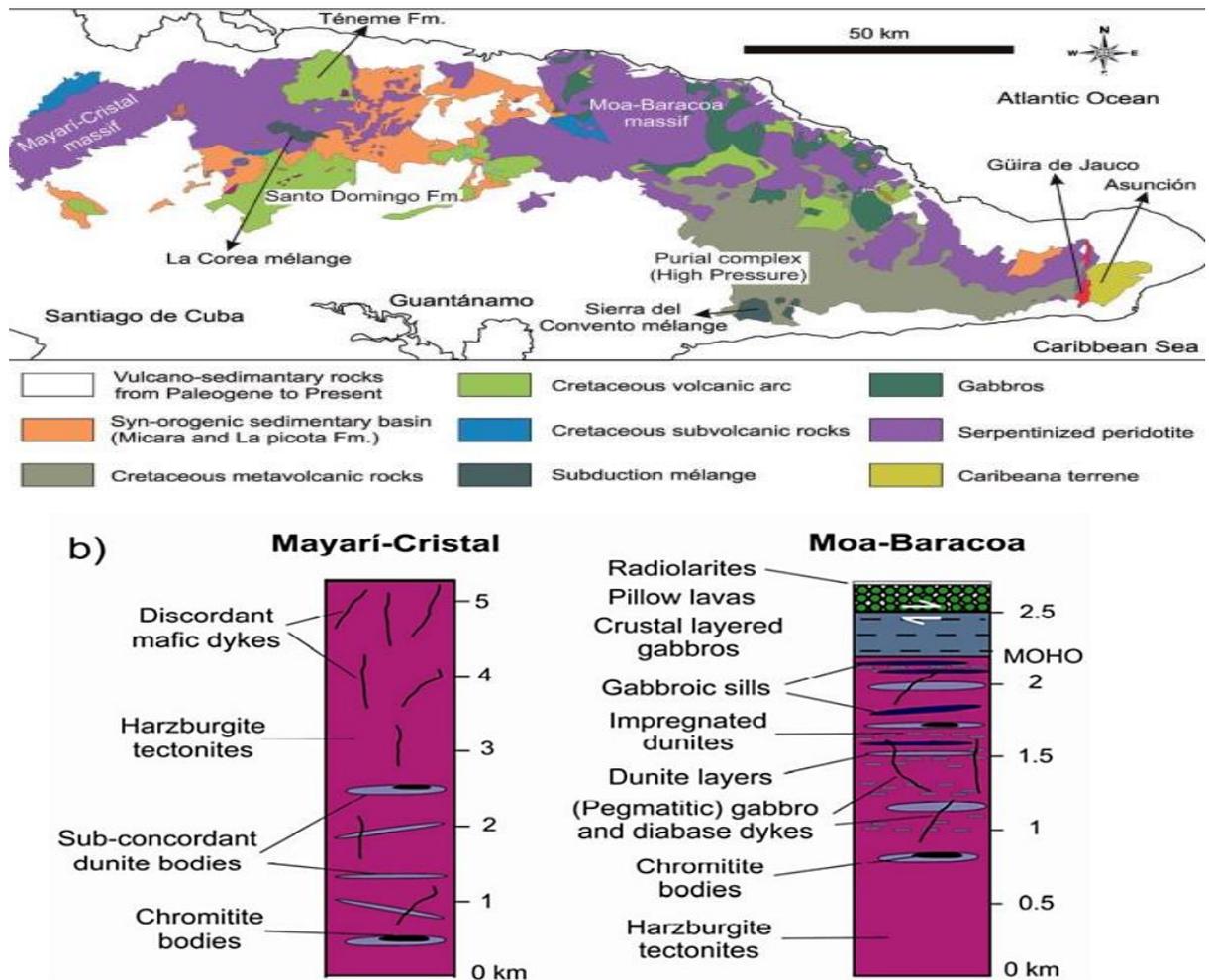


Figura 1. Mapa geológico de la región. Fuente: Blanco-Quintero *et al.* (2011). b) Columna esquemática litoestratigráfica de los macizos Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa. Fuente: Marchesi *et al.* (2006).

1.2. Ubicación y geología de Camarioca Sur

El sector Camarioca Sur está ubicado geográficamente en el extremo nororiental del territorio cubano en el municipio de Moa, provincia de Holguín y en el sector norte del yacimiento laterítico de Fe-Ni-Co de igual nombre (Figura 2). Según el sistema de coordenadas Lambert Cuba Sur se encuentra delimitado por las coordenadas: X: 693 900–700 900 y Y: 213 200–205 400.

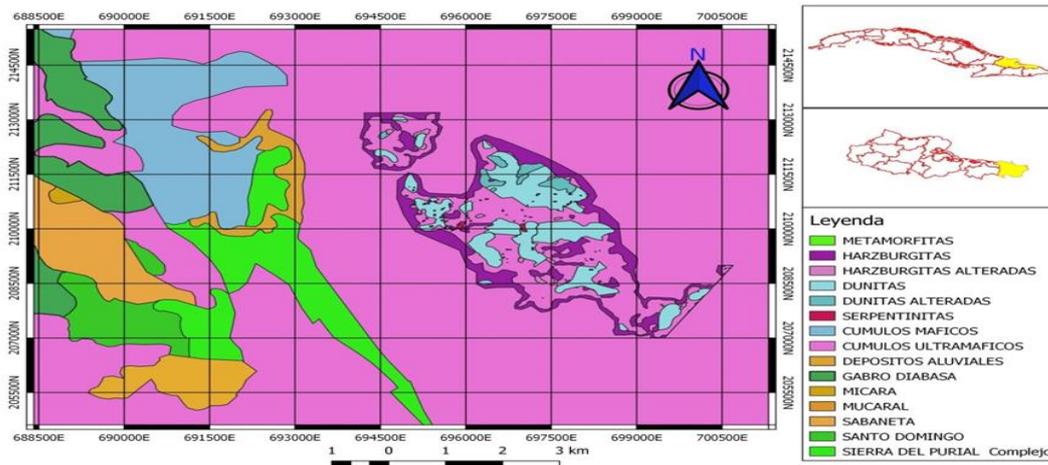


Figura 2. Mapa geológico y de ubicación del área de estudio. Esc: 1: 25 000.

Sitnikov (1976) refiere que en el sector Camarioca Sur las peridotitas serpentinizadas están representadas por dunitas y harzburgitas serpentinizadas y en casos aislados por lherzolitas, wherlitas y la existencia de rocas antigoríticas, mientras que Aleojin *et al.* (1977) destacan la presencia de peridotitas piroxénicas serpentinizadas y serpentinitas; en menor grado aparecen gabros y diseminaciones de espinelas cromíferas.

El complejo de rocas se encuentra muy tectonizado, formando parte de un conjunto de mantos de cabalgamiento que constituyen fragmentos del manto superior y corteza oceánica, emplazados tectónicamente por encima de las secuencias de rocas pertenecientes al antiguo arco de islas volcánicas del Cretácico en el Maestrichtiano-Campaniano (Iturralde Vinent *et al.* 2006).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Secciones delgadas de doce muestras de roca se sometieron a análisis bajo microscopio petrográfico de luz polarizada, modelo NP-400B, marca NOVEL. Las fotografías se tomaron con una cámara modelo Power Shot A360, de 8.0 megapíxel y zoom óptico de 4x, modelo MDCE-5ª.

Los análisis de la composición química de las muestras se realizaron en el laboratorio de la Universidad de Clausthal en Alemania utilizando un equipo de fluorescencia de rayos-X (FRX) marca Axios.

Para la determinación de la composición química semicuantitativa de los minerales presentes en los diques leucocráticos se utilizó un microscopio electrónico de barrido (SEM). Se obtuvieron imágenes de electrones retrodispersado (BSE) y análisis puntuales con el detector de rayos X (EDS). Para este fin, se utilizó un microscopio JEOL, modelo JSM 6490-LV (Universidad de Los Andes, Colombia) trabajado a un voltaje de aceleración de 20-30 kV.

3. RESULTADOS

3.1. Petrografía

Las rocas de la asociación ultramáfica son las predominantes en el sector Camarioca Sur. Macroscópicamente, presentan colores variables desde verde, verde negruzco hasta colores grises, en ocasiones con tonalidades verdosas, oscuras y claras. De acuerdo con las características observadas en los afloramientos (Figura 3 a y b), los resultados del análisis petrográfico, las fases minerales identificadas y los rasgos texturales descritos, las rocas se clasifican en: dunitas, harzburgitas, peridotitas metamorfizadas y diques leucocráticos.



Figura 3. a) Afloramientos de dunitas, b) diques leucocráticos cortando peridotitas serpentinizadas.

3.1.1. Dunitas

Las dunitas están compuestas por olivino y escasos cristales de piroxenos, los que aparecen de forma irregular, fracturados y bastitizados. Las rocas están transformadas por procesos metamórficos (principalmente serpentización). Los granos de olivino están transformados a lizardita, con texturas en malla (Figura 4 A y B). Los minerales secundarios más comunes son la hematita y magnetita y de manera subordinada se aprecian cristales de carbonato. Los pocos cristales de piroxeno que aparecen están mayormente bastitizados o transformados a minerales del grupo de la serpentina.

En algunas muestras abundan los relictos de olivino que pueden alcanzar dimensiones mayores a 2,5 mm rodeados de lizardita, mineral del grupo de la serpentina, de color verde, que forma una típica textura mallada. Se observan vetillas rellenas por carbonatos, que llegan a tener 0,33 mm de grosor, desarrollados durante la serpentización.

3.1.2. Harzburgitas

Están constituidas principalmente por olivino y piroxenos (Figura 4 C y D). Los granos aparecen rodeados de minerales del grupo de la serpentina

(lizardita) con textura de malla. Como minerales metálicos se identificó cromita, hematita y magnetita, además microgrietas rellenas por talco y carbonatos. Las rocas presentan texturas pseudomórficas, con estructura masiva.

Una muestra exhibe cristales fibrosos de antigorita que se entrecruzan, además pequeños relictos de olivino, con altos colores de interferencia. La muestra está alterada por procesos de hematización y se aprecian abundantes granos de magnetita y cristales esqueléticos de cromita.

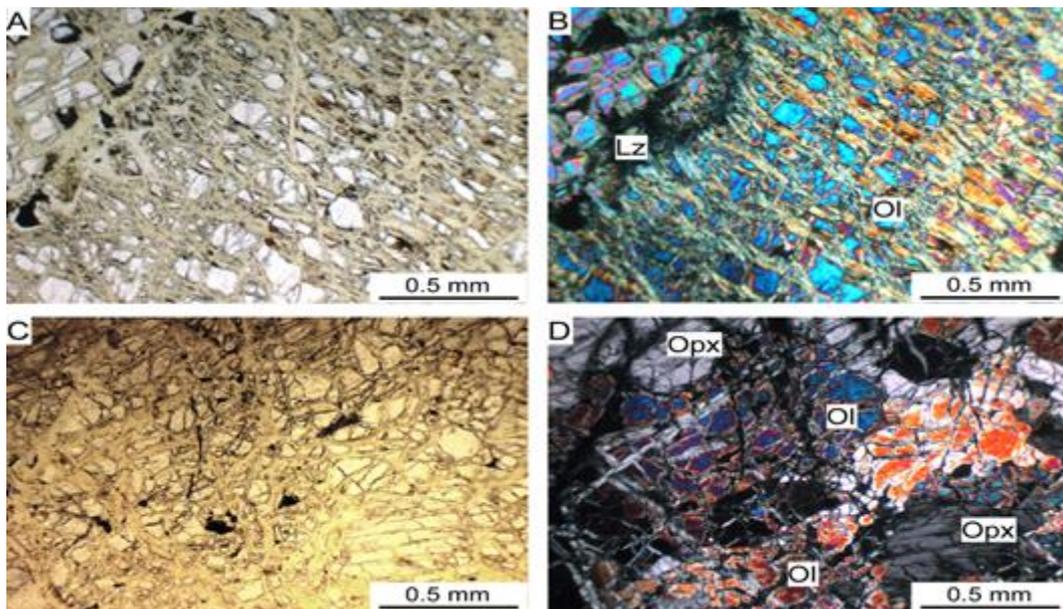


Figura 4. A) y B) Fotomicrografía con nícoles paralelos y cruzados de una dunita parcialmente serpentinizada; Se observa la abundancia de olivino (OI) transformados en lizardita (Lz). C) y D) Fotomicrografía con nícoles paralelos y cruzados de una harzburgita parcialmente serpentinizada; se observa la presencia de olivino y ortopiroxeno (Opx).

3.1.3. Peridotitas metamorfizadas

Estas rocas están constituidas principalmente por olivino y en menor proporción por piroxenos, pero se caracterizan por la formación de talco, tremolita, antigorita y clorita (Figura 5 A y B). Algunos granos de espinelas cromíferas transformadas a magnetita.

Los minerales secundarios presentan un hábito decusado a fibroso. Se observan algunos piroxenos de color blanco-gris, totalmente bastitizados, fracturados y sustituidos por minerales del grupo de la serpentina que se presenta de color verde pálido, con textura en forma de red o malla en la roca (Figura 5 C y D).

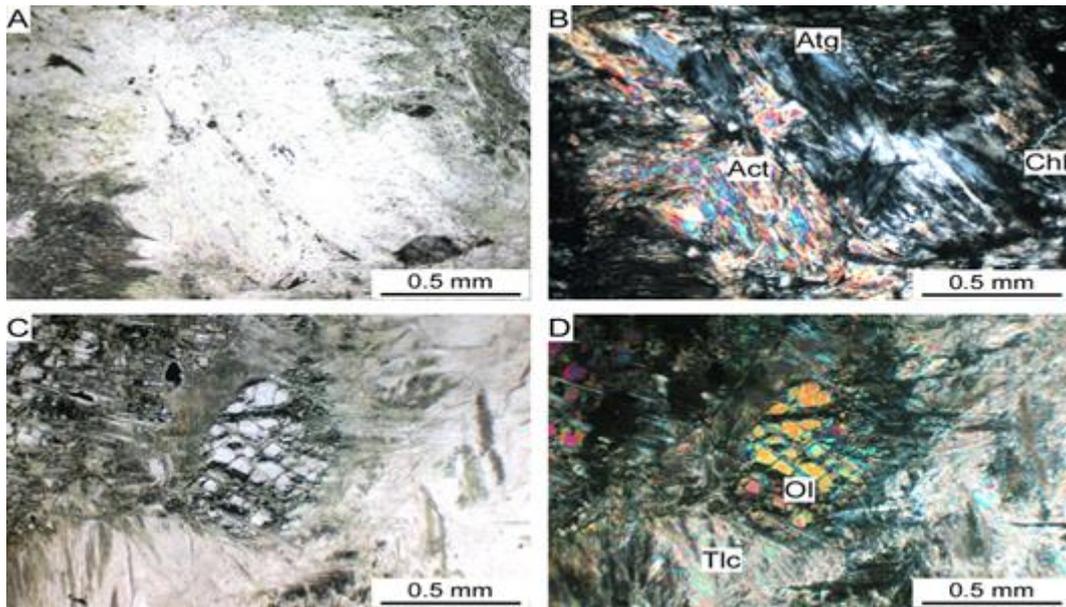


Figura 5. A) y B) Fotomicrografía con nículos paralelos y cruzados de Peridotitas metamorfizadas, aumento 10x; antigorita (Atg), actinolita (Act) y clorita (Chl). C y D) Fotomicrografía con nículos paralelos, aumento 10x; olivino (Ol) y talco (Tlc).

3.1.4. Diques leucocráticos

Los diques cortan a las rocas ultramáficas serpentinizadas, dos son de composición intermedia y la otra félsica. Los minerales esenciales que constituyen los diques son principalmente plagioclasas ácidas (oligoclasa-andesina), cuarzo, actinolita (Figura 6 A y B). Como minerales accesorios aparecen moscovita, rutilo y apatito. En algunas zonas hay reducción de tamaño de grano, y el cuarzo aparece con extinción ondulante. La actinolita se presenta con cristales subidiomorfos a alotriomorfos, predominando los cortes prismáticos. Las rocas presentan zonas de alteración con el desarrollo de caolinita, albita y clinzoicita, indicando la circulación de fluidos.

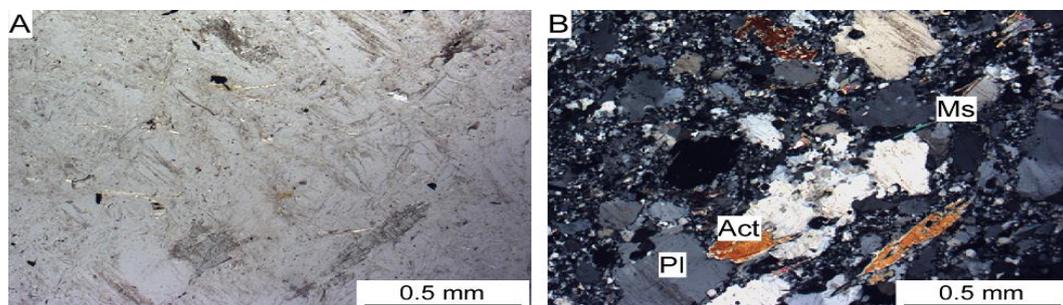


Figura 6. A) Fotomicrografía con nículos cruzados, aumento 10x. Fotomicrografía de los diques leucocráticos, donde se observa la abundancia de plagioclasa, así como la presencia de cristales prismáticos de actinolita (Act) y finos cristales de moscovita (Ms). b) Fotomicrografía con nículos paralelos, aumento 10x.

3.2. Microscopio Electrónico de Barrido

Las imágenes de electrones retrodispersados (Figura 7) en las muestras de los diques leucocráticos muestran que la plagioclasa es el mineral más abundante de estas rocas. Los anfíboles son prismáticos y no presentan zonación mineral (Figura 7). Las zonas de alteración están formadas por caolinita + albita + clinzoicita. La plagioclasa primaria presenta una composición oligoclasa-andesina (Figura 8 A; Tabla 1) y la secundaria es albita casi pura. Los anfíboles son cálcicos, con valores de Ca entre 1,77-1,99 apfu (átomos por fórmula unidad), si entre 7,57-7,90 apfu y Mg# entre 0,71-0,83; lo que corresponde a composiciones de actinolita (Figura 8B y Tabla 1). La moscovita es casi pura y no presenta composiciones fengíticas (Tabla 1).

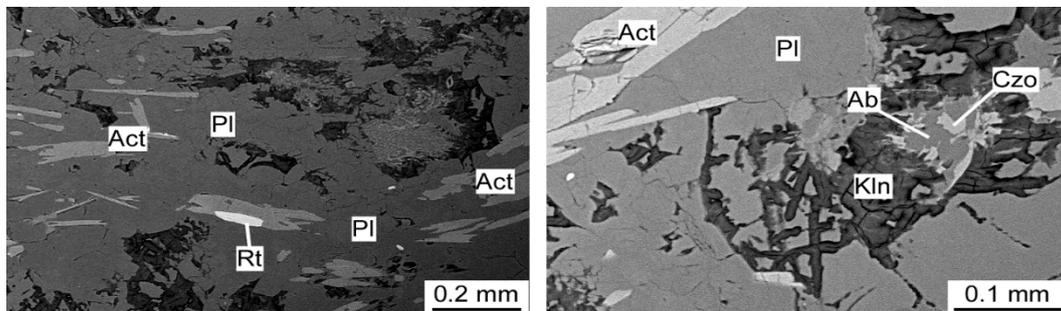


Figura 7. Imágenes de electrones retrodispersados de los diques leucocráticos.

Tabla 1. Análisis de los minerales presentes en los diques leucocráticos.

Minerales	PI	PI	PI	Anf	Anf	Ms	Czo	Kln
SiO ₂	61,76	67,58	70,79	53,72	53,27	46,38	40,52	44,07
Al ₂ O ₃	24,34	23,92	19,48	4,57	3,68	36,64	32,44	39,79
FeO				8,99	7,11			
MgO				18,37	19,32			
CaO	4,70	4,84	1,23	11,68	13,08		25,23	
Na ₂ O	8,40	7,63	9,62					
K ₂ O						11,64		
Total	99,20	103,97	101,13	97,34	96,47	94,65	98,19	83,86
Si	2,75	2,85	3,03	7,58	7,57	6,19	3,06	3,89
Al	1,28	1,19	0,98	0,76	0,62	5,76	2,89	4,14
Fe				1,06	0,85			
Mg				3,87	4,09			
Ca	0,22	0,22	0,06	1,77	1,99		2,04	
Na	0,72	0,62	0,80					

K	1,98							
Oxígenos	8	8	8	23	23	22	12,5	7
Pl (An)	0,24	0,26	0,07					
Mg#			0,78		0,83			

Nota: Los cationes están calculados a átomos por fórmula unidad (apfu) correspondientes a cada mineral. Las siglas usadas en la tabla corresponden a: Pl = plagioclasa, Anf = anfíbol, Ms = moscovita, Czo = clinozoicita y Kln = caolinita.

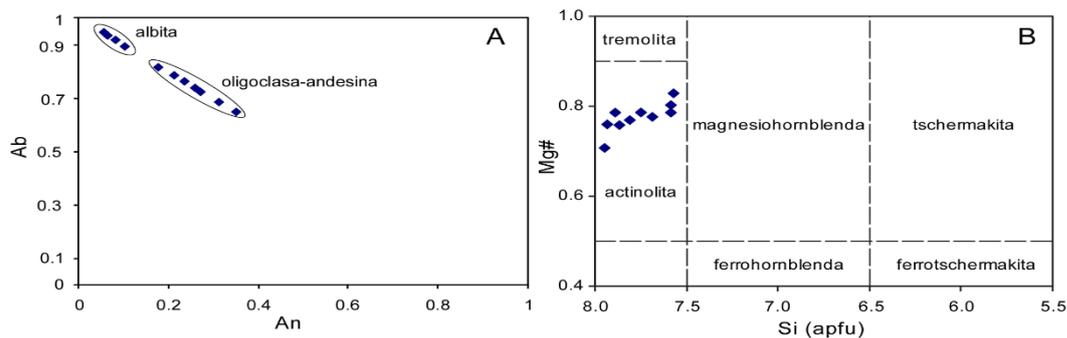


Figura 8. A) composición química de las plagioclasas. B) clasificación de los anfíboles (Leake *et al.* 1997).

3.3. Análisis químicos

De las 12 muestras de roca analizadas cinco pertenecen a harzburgitas: (M1, M9, M10, M11 y M12), cuatro a dunitas: (M5, M6, M7 y M8) y tres a diques leucocráticos: (M2, M3 y M4). Por los análisis de fluorescencia de rayos X se obtuvieron los datos de porcentajes en óxidos del contenido de elementos mayores en las rocas (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido de óxidos de los elementos mayores

Óxidos % wt	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
	H-S	T	T	G	D-S	D-S	D-S	D-S	H-S	H-S	H	H
SiO ₂	45,38	59,37	61,31	77,38	46,89	47,61	46,92	45,63	48,02	44,62	45,53	48,14
TiO ₂	0,04	0,36	0,48	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,19	0,30	0,02
Al ₂ O ₃	2,23	23,40	23,30	14,74	0,81	0,85	0,88	0,70	0,94	0,91	0,92	1,11
Fe ₂ O ₃	9,28	1,01	1,94	0,35	3,79	5,44	4,62	5,66	5,78	8,06	5,10	7,36
MnO	0,13	0,02	0,04	0,01	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14
MgO	40,67	3,00	2,91	0,52	47,46	45,58	47,05	47,55	44,74	45,76	47,74	42,78
CaO	1,93	6,76	4,05	0,54	0,71	0,23	0,23	0,16	0,23	0,06	0,06	0,30
Na ₂ O	0,32	5,43	5,59	6,25	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,15	0,13	0,06
K ₂ O	0,01	0,50	0,10	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
P ₂ O ₅	0,01	0,15	0,28	0,14	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,02	0,03

Los altos valores de sílice se asocian a los diques leucocráticos, valores más bajos se corresponden con dunitas y a harzburgitas serpentinizadas.

Las muestras correspondientes a dunitas, harzburgitas y peridotitas serpentinizadas poseen los mayores contenidos de MgO, los que varían entre 40,80 % y 47,74 %, las de menor contenido se asocian a los diques leucocráticos (M2, M3 y M4) con 2,14 % como valor medio. Los contenidos de CaO varían de 6,77 % para la M2, correspondiente a una tonalita y 0,05 % (M10 y M11) a harzburgitas.

Los contenidos de Al_2O_3 varían entre 0,60 % y 22,53 %, los valores más altos están asociados a los diques con un 22,53 %. La M8 reportó el menor contenido: 0,60 %. Las muestras de los diques (M2, M3 y M4) exhiben los contenidos más elevados de Na_2O con una media 5,75 %, valores que se asocian a la plagioclasa ácida que es el mineral más abundante en estas rocas.

Los resultados de la fluorescencia de rayos X permitieron la elaboración del diagrama de clasificación TAS para rocas intrusivas con el fin de obtener una clasificación preliminar de las rocas estudiadas; se confeccionó el diagrama de clasificación de rocas intrusivas adaptado de Peccerillo y Taylor (1976); incluye el diagrama de Gill (1981). Los diques clasifican en la serie toleítica del arco, con bajo contenido de K (Figura 9a); se ratifica que los diques leucocráticos se corresponden a rocas del grupo de las TTG (tonalita, trondhjemita y granodiorita); al comparar datos geoquímicos de elementos mayores de los diques en el sector Camarioca Sur, las muestras M2 y M3 se encuentran dentro del campo sieno-diorita y la muestra M4 en el campo del granito (Figura 9b).

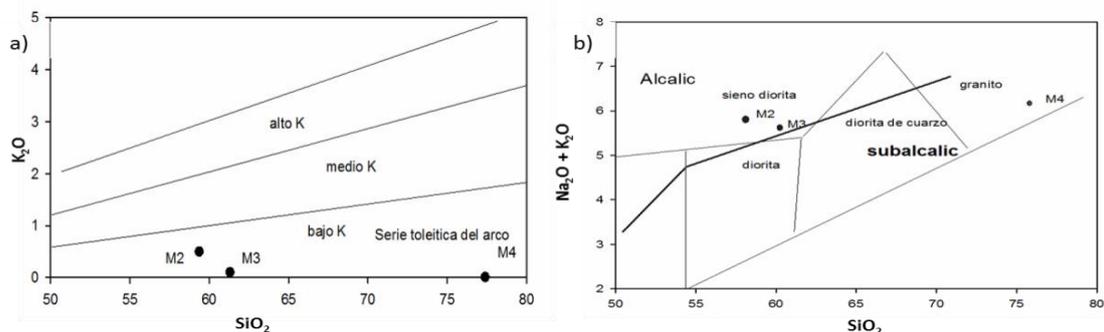


Figura 9. a) Diagrama de Cox et al. (1979) adaptado por Wilson (1989). b) Diagrama de clasificación de rocas intrusivas adaptado de Peccerillo y Taylor (1976), incluye el diagrama de Gill (1981).

Los valores de cuarzo (Q), albita (Ab) y anortita (An) (Tabla 2) fueron graficados en el diagrama normativo de O'Connor (1965) y modificado por Barker (1979). La muestra M2 se corresponde con el campo de las tonalitas,

la muestra M3 con el de las trondhjemitas y la M4 se ubica en el campo de los granitos (Figura 10a).

Para discriminar los cúmulos máficos y ultramáficos de las peridotitas tectónicas o tectonitas, el diagrama de Coleman (1977) CaO-MgO-Al₂O₃ fue utilizado con las muestras (M1, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11 y M12). Todas las muestras se ubican en el campo de las peridotitas tectonizadas (Figura 10b).

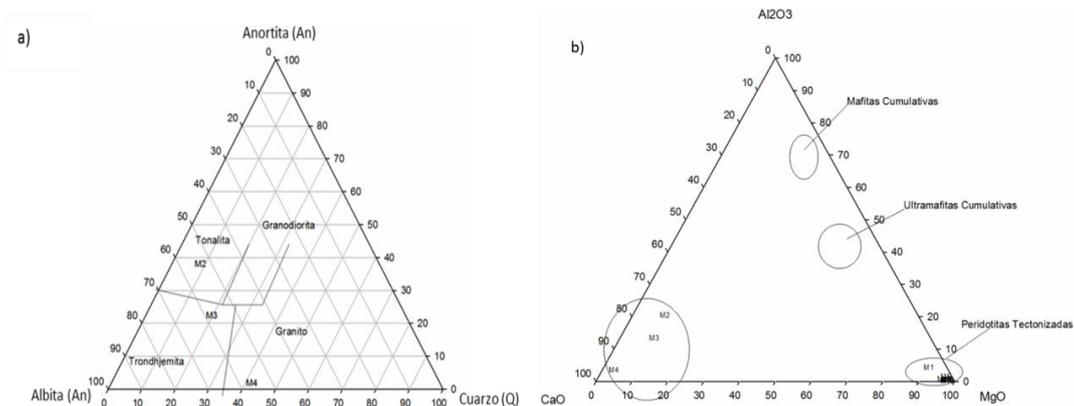


Figura 10. a) Diagrama de clasificación normativa Ab-An-Q para rocas ígneas de O'Connor (1965) modificado por Baker (1979). b) Diagrama de Coleman, 1977, CaO-MgO-Al₂O₃ para discriminar los cúmulos máficos y ultramáficos de las peridotitas tectónicas o tectonitas.

4. DISCUSIÓN

Considerando los resultados de los análisis petrográficos y los análisis de fluorescencia de rayos X, se establece que las rocas existentes en el sector Camarioca Sur, de acuerdo con su estructura y mineralogía dominante se clasifican en dunitas y harzburgitas, con determinado grado de serpentización, peridotitas metamorizadas y diques leucocráticos, los que han sido metamorizados.

Según la petrografía en las dunitas se identificó: olivino- antigorita-lizardita- menas metálicas ± piroxeno. Las harzburgitas se caracterizan por presentar olivino-ortopiroxenos-antigorita-crisotilo- hematita-carbonato. Las peridotitas metamorizadas están compuestas por olivino-tremolita-talco-antigorita. Los diques leucocráticos presentan plagioclasa-cuarzo-actinolita ± moscovita y alteraciones con desarrollo de albita-clinozoicita-caolinita.

Basado en el diagrama TAS de Le Maitre (1989), las muestras M2, M3 y M4 se ubican dentro de la serie alcalina, en el campo sienio-diorita. Por el diagrama de Peccerillo y Taylor las TTG se agrupan en el campo de la serie toleítica del arco, con bajos contenidos de K. En el diagrama Ab-An-Q, la muestra M2 queda contenida dentro del campo de las tonalitas, la M3 en las

trondhjemitas y la M4 se ubica en el campo de los granitos. De acuerdo con el diagrama de Coleman (1977), las muestras se ubican en el campo de las peridotitas tectonizadas.

Rocas leucocráticas han sido descritas en las melanges de subducción de la Corea y Sierra del Convento (García-Casco *et al.* 2008; Blanco-Quintero *et al.* 2011b) en estos casos relacionadas con procesos de fusión de anfibolitas dentro del canal de subducción; en nuestro estudio no se ha podido evidenciar la fusión de anfibolitas. Los diques leucocráticos del sector Camarioca Sur cortan las rocas ultramáficas.

La asociación tremolita+talco+olivino+clorita indican condiciones metamórficas de grado medio. Este metamorfismo puede estar relacionado con enfriamiento e hidratación de la litosfera oceánica previo a la obducción de las ofiolitas. Similares asociaciones minerales y condiciones de metamorfismo han sido descritos en otros cuerpos ultramáficos de la región del Caribe, como la metaharzburgita de Medellín (García-Casco *et al.* 2018).

La formación de minerales del grupo de la serpentina (serpentinización), tiene lugar a una temperatura inferior a los 500 °C, hasta la temperatura ambiente de la superficie. Dentro de los tres polimorfos, la antigorita es el estable a mayor temperatura, que pudo formarse a medias condiciones, mientras que la lizardita y las venas de crisotilo pudieron desarrollarse durante el proceso de obducción de las ofiolitas sobre el arco volcánico del Cretácico.

5. CONCLUSIONES

- Las rocas del sector Camarioca Sur están representadas por dunitas, harzburgitas peridotitas metamorizadas y diques leucocráticos. Las peridotitas se ubican en el campo de las peridotitas tectonizadas.
- Se corrobora la existencia de procesos metamórficos de bajo grado: serpentinización, cloritización, talcitización, antigoritización, anfibolitización y carbonatización los que han modificado las rocas del complejo ofiolítico.
- Los diques leucocráticos se agrupan en el campo de la serie toleítica del arco, con bajos contenidos de K.

6. REFERENCIAS

- Adamovich, A. y Chejovich, V. 1962: Principales características de la geología y minerales útiles de la región norte de la provincia de oriente. *Revista Tecnológica*. Universidad de Oriente.
- Aleojin, V.; Fesenko, G.; Almaguer, A.; Kratsova, A.; Saunders, E.; Guerra, B. y Quesada, N. 1977: Sobre los resultados de los trabajos de

- exploración geológica detallada y orientativa realizada en el yacimiento Punta Gorda en los años 1973–1976. La Habana, Cuba: ONRM. Inventario 2874.
- Barker, F. 1979: Trondhjemite: definition, environment and hypotheses of origin. *Developments in petrology* 6: 1-12. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41765-7.50006-X>
- Blanco-Quintero, I.F., Proenza, J.A., García-Casco, A., Tauler, E. Y Galí, S. 2011a: Serpentinites and serpentinites within a fossil subduction channel: La Corea mélangé, eastern Cuba. *Geologica Acta* 9(3-4):389-405.
- Blanco-Quintero, I. F.; Rojas-Agramonte, Y.; García-Casco, A.; Kröner, A.; Mertz, D. F.; Lázaro, C.; ... & Renne, P. R. 2011b: Timing of subduction and exhumation in a subduction channel: evidence from slab melts from La Corea Mélange (eastern Cuba). *Lithos*, 127(1-2): 86-100
- Carballo-Peña, A.; Muñoz-Gómez, J. N.; Orozco-Melgar, G. A. y Rojas-Purón, A. L. 2018: Criterios geológicos y económicos sobre la existencia de escandio en los yacimientos lateríticos de Moa, Cuba. *Minería y Geología*, 34(4): 374-386.
- Chang-Rodríguez, A. y Rojas-Purón, A. L. 2018: Movilidad geoquímica y grado de meteorización del yacimiento San Felipe, Camagüey Cuba. *Minería y Geología*, 34(2): 126-139.
- Cobiella-Reguera, J. L. 2005: Emplacement of Cuban ophiolites. *Geologica Acta*, 3(3): 273-294.
- Cobiella-Reguera, J.L. 2000: Jurassic and cretaceous geological history of Cuba. *International Geology Review*, 42:594-616
- Coleman, R.G. 1977: *Ophiolites. Ancient Oceanic Lithosphere?* Minerals and Rocks, Vol. 12, Springer-Verlag, Berlin, 220 p.
- Cox, K. G.; Bell, J. D. y Pankhurst, R. J. 1979: *The interpretation of igneous rocks*. London: George, Allen and Unwin.
- García-Casco, A.; Torres-Roldán, R.L.; Iturralde-Vinent, M.A.; Millán, G.; Núñez-Cambra K.; Millán, G.; Monié, P & Schneider, J. 2008: Oscillatory zoning in eclogitic garnet and amphibole, Northern Serpentine Melange, Cuba: a record of tectonic instability during subduction?. *Journal of Metamorphic Geology*, 20(6): 581-598.
- García-Casco, A.; Restrepo, J.; Correa-Martínez, A., Blanco-Quintero, I.F.; Proenza, J.; Weber, M. & Butjosa, L. 2018: The petrologic nature of the «Medellín Dunite» revisited: An algebraic approach and proposal of a new definition of the geological body. In: Gómez, J. & Pinilla-Pachon, A.O. (editors), *The Geology of Colombia, Volume 2 Mesozoic*. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 36, p. 43–71. Bogotá. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.02>

- Gill, J.B. 1981: Orogenic andesites and plate tectonics. Berlin :Springer-Verlag, 330 p.
- Iturralde-Vinent, M. A. 1996: Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. IGCP project 364. Special contribution 1: 83-120.
- Iturralde-Vinent, M.A. & Lidiak, E.G. 2006: Caribbean tectonic, magmatic, metamorphic and stratigraphic events. Implications for plate tectonics. *Geologica Acta: an international earth science journal*, 4(1-2): 1-5.
- Llanes-Castro, A. I.; Furnes, H.; Gámez, E. M. C.; Rodríguez, M. P. y Cruz, O. L. 2019: Petrogenesis of plagiogranite and associated diorites and mafic rocks in the Habana–Matanzas ophiolites, northwestern half of central Cuba. *Journal of the Geological Society*, 176: 992-1006.
- Leake, B.E., Woolley, A.L.; Arps, C.; Birch, W.D.; Gilbert, M.C.; Grice, J.D.; Hawthorne, F.C.; Kato, A.; Kisch, H.J.; Krivovichev, V.; Linthout, K.; Laird, J.; Mandarino, J.; Maresch, W.V.; Nickel, E.H.; Rock, N.; Schumacher, J.C.; Smith, D.C.; Stephenson, N.; Ungaretti, L.; Whittaker, E. & Youzhi, G. 1997: Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names: *The Canadian Mineralogist*, 35: 219-246
- Le Maitre, R.W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Oxford :Blackwell, 193 p
- Marchesi, C.; Garrido, C.J.; Godard, M.; Proenza, J.A.; Gervilla, F. & Blanco-Moreno, J. 2006: Petrogenesis of highly depleted peridotites and gabbroic rocks from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151:717-736.
- Marchesi, C.; Jolly, W. T.; Lewis, J. F.; Garrido, C. J.; Proenza, J. A. y Lidiak, E. G. 2011: Petrogénesis of fertile mantle peridotites from onte del Estado massif (Southwest Puerto Rico): a preserved section of Proto-Caribbean lithospheric mantle? *Geologica Acta*, 9(3-4): 289-306.
- Muñoz-Gómez, J.N. 2004: Geología y mineralogía de los yacimientos residuales de menas lateríticas de Fe-Ni-Co. Informe Técnico. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 22 p.
- O'Connor, J. T. 1965: A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. US Geological Survey Professional Paper B, 525: 79-84.
- Peccerillo, A. y Taylor, S. R. 1976: Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol*, 58(1): 63-81.
- Proenza, J. A.; García-Casco, A.; González-Jiménez, J. M.; De Pablo, J. F.; Lázaro, C.; Camprubí, A. y Colás, V. 2017: "Minerales Exóticos" en Cromititas Ofiolíticas. Implicaciones para la Geodinámica Mantélica.

- Macla: revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, (22): 109-110.
- Proenza, J.; Gervilla, F.; Melgarejo, J. y Bodinier, J. L. 1999: Al-and Cr-rich chromitites from the Mayari-Baracoa ophiolitic belt (eastern Cuba); consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94(4): 547-566.
- Quintas-Caballero, F., 1989. *Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 145 p.
- Rojas-Purón, A. L. y Orozco-Melgar, G. 1994: Iniciación al estudio de las fases minerales portadoras de níquel en el horizonte limonítico del yacimiento Moa. *Minería y Geología*, 11(2): 11-15.
- Sitnikov, V. 1976: Informe sobre la exploración orientativa del yacimiento Camarioca con el cálculo de reservas. La Habana, Cuba: ONRM.
- Valdés-Mariño, Y.; Muñoz-Gómez, J. N.; Orozco-Melgar, G. A.; Menguel, K.; Blanco-Quintero, I. F. y Urra-Abraira, J. 2019: Rocas vulcanógenas ultramáficas metamorizadas asociadas al complejo ofiolítico Moa-Baracoa en el sector Camarioca Sur. *Minería y Geología*, 35(3): 252-269.
- Wilson, M. 1989: *Igneous petrogenesis: a global tectonic approach* London :Unwin Hyman, xx + 466 p.

Recibido: 05/09/2019

Aceptado: 22/09/2019