

Petrología de las anfibolitas del sector este de la presa Nuevo Mundo

René Yasmany Cobas Torres

Carrera: Ingeniería geológica.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: El estudio se basó en las propiedades ópticas y mineralógicas de las muestras de rocas anfibolitizadas tomadas durante el levantamiento geológico realizado en el sector este de la presa Nuevo Mundo con el fin de caracterizarlas desde el punto de vista petrológico. Se analizó la información geológica de varios trabajos ejecutados anteriormente en la región de estudio así como el empleo de diferentes técnicas analíticas tales como el análisis petrográfico y los métodos de difracción de rayos-X y fluorescencia de rayos-X. Se obtuvo como resultado la clasificación petrográfica de las rocas, así como sus posibles protolitos.

Palabras clave: presa Nuevo Mundo; complejo ofiolítico; roca anfibolitizada; petrología.

Petrology of the amphibolite rocks in the east sector of the Nuevo Mundo dam

Abstract: The objective of the investigation is to define the petrology of the amphibolite based on the optical and mineralogical properties of the rock samples taken during a soil survey carried out in the east sector of the Nuevo Mundo dam. Geological data from previous investigations conducted in the region were analyzed in addition to the application of various analytical techniques; such as, petrological analysis, diffractometer and X-ray fluorescence. The investigation results provide the petrological classification of rocks as well as their possible protolites.

Key words: Nuevo Mundo dam; ophiolite complex; amphibolite; petrology.

Introducción

El sector este de la presa Nuevo Mundo constituye una de las áreas menos estudiadas dentro de la geología de Cuba Oriental; el mismo se encuentra ubicado en el municipio de Moa, provincia de Holguín, formando parte del macizo ofiolítico Moa-Baracoa. En el año 2010 se llevó a cabo un proyecto de exploración geológica en dicha área. Durante los trabajos de levantamiento geológico realizados en las etapas preliminares del proyecto se documentaron en determinados puntos de afloramiento bloques dispersos de variados tamaños de rocas anfibolitizadas que no se habían reportado con anterioridad en este sector del complejo ofiolítico Moa-Baracoa, en las cuales se identificaron rasgos estructurales, texturales y mineralógicos que le confieren un carácter exótico, con respecto a las demás litologías que conforman el área.

El estudio de estos tipos de rocas no solo permitirá caracterizarlas petrológicamente, sino que brindará información relacionada con la evolución geológica de este sector de la región oriental de Cuba. Es por ello que el presente trabajo investigativo se plantea la necesidad de caracterizar, desde el punto de vista petrológico, las rocas anfibolitizadas del complejo ofiolítico Moa-Baracoa en el sector este de la presa Nuevo Mundo, a partir de la identificación de las principales fases minerales y texturas, para clasificarlas desde el punto de vista petrográfico y así conocer su procedencia.

En los últimos años los trabajos realizados en el sector de estudio han estado encaminados fundamentalmente al esclarecimiento e identificación de las principales fases minerales portadoras de los componentes útiles: hierro, níquel y cobalto (Rojas, *et al.*, 1994); (Almaguer, 1995); (Brand, 1998); (Muñoz, 2004); (Galí *et al.*, 2006).

Entre los trabajos más recientes se encuentra el proyecto de exploración del sector este de la presa Nuevo Mundo, llevado a cabo por especialistas de CIH, Geominera Oriente y Moa Nickel S.A., desde agosto de 2010 hasta enero de 2012. Motivado por el descubrimiento de tipos de rocas metamórficas no reportadas anteriormente en dicho sector surge la propuesta de realizar el presente trabajo investigativo, el cual constituye el primero de su tipo en el área de estudio mencionada.

Geología del área de estudio

Las características geológicas del área de estudio son complejas ya que existe una distribución heterogénea de los diferentes tipos de litologías y las mismas presentan

génesis diferentes. Las litologías predominantes en la zona son rocas ultramáficas del complejo inferior de la asociación ofiolítica que están metamorfizadas, tales como harzburgitas y dunitas, todas ellas afectadas en mayor o menor grado por procesos metamórficos como serpentización, cloritización, talcización, antigoritización, anfibolitización y carbonatización. Este 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, que han sido emplazados tectónicamente por encima de las secuencias de rocas pertenecientes al antiguo arco de islas volcánicas del Cretácico en el Maastrichtiano-Campaniano (Iturralde-Vinet *et al.*, 2006). Petrologicamente, este sector se caracteriza por la presencia de dunitas, harzburgitas, lherzolitas, peridotitas plagioclásicas, serpentinitas, esquistos antigoríticos, esquistos cloríticos, rocas anfibolitizadas y diques de trondhjemitas metamorfizadas. Encima de estas litologías se desarrollan diferentes espesores de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas, las cuales ocupan una gran extensión superficial del área estudiada.

Petrografía

Macroscópicamente estas rocas se caracterizan por presentar una granulometría de fina a media que dificulta la correcta identificación de los minerales constituyentes. Es típico en ellas una coloración oscura debido al predominio de minerales máficos (anfíboles) y la elevada densidad. Se caracterizan, además, por presentar dos tipos principales de estructuras: masiva y gnéisica. En la estructura masiva, los granos minerales se encuentran distribuidos de forma homogénea sin ningún signo de orientación preferente, mientras que en la gnéisica se observa una alternancia de bandas claras y oscuras que provocan cierto alineamiento de los minerales, paralelamente a los planos de bandeamiento.

Las rocas anfibolitizadas del sector este de la presa Nuevo Mundo, petrográficamente, se clasifican en dos tipos litológicos fundamentales: anfibolitas gnéisicas u ortogneis anfibolíticos y granofels anfibolíticos.

Anfibolitas gnéisicas

Se caracterizan por presentar una textura granonematoblástica (gnéisica) en la cual se observa una alternancia de niveles ricos en anfíboles cálcicos (edenita, pargasita) y niveles constituidos por plagioclasa y feldespatos potásicos. Los anfíboles presentan

forma prismática, mostrando cierto grado de orientación en una dirección determinada, mientras que en los cristales de plagioclasa su composición oscila desde andesina a oligoclasa; se presentan en forma subidiomórfica y con maclas polisintéticas y en cuña producto de los esfuerzos desviatorios. Los feldespatos potásicos son anhedrales y su tamaño de grano es de aproximadamente 0,2 mm.

No. muestra: M1

Coordenadas: X: 699425; Y: 207925

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: Gnéisica

Nombre de la roca: Anfibolita gnéisica

Textura: Granonematoblástica (gnéisica)

Color: Presenta alternaciones de bandas claras y oscuras

Composición general: edenita, pargasita, plagioclasa (oligoclasa-andesina), feldespato potásico y clorita.

Descripción de detalle: La muestra está constituida por un 64 % de anfíboles (edenita y pargasita, según DRX), 24 % de plagioclasa, 6 % de feldespato potásico y clorita. Presenta una fábrica lineal o planolineal muy marcada, definida por la alternancia de niveles ricos en cristales de anfíboles y de minerales félsicos, tales como plagioclasa y feldespato potásico. Los granos de anfíboles tienen formas prismáticas alargadas, coloración parda, relieve alto y los colores de interferencia varían desde el amarillo-naranja de primer orden y algunos llegan hasta el azul de segundo orden. Los cristales de plagioclasa (oligoclasa-andesina) son xenomórficos y subidiomórficos, incoloros, baja birrefringencia y maclas polisintéticas en forma de cuña producto de la deformación. Los feldespatos potásicos presentan características similares a las plagioclasa pero no presentan maclas y tienen un mayor grado de agrietamiento. La roca presenta grietas muy finas rellenas por un material de baja birrefringencia, al parecer de clorita.

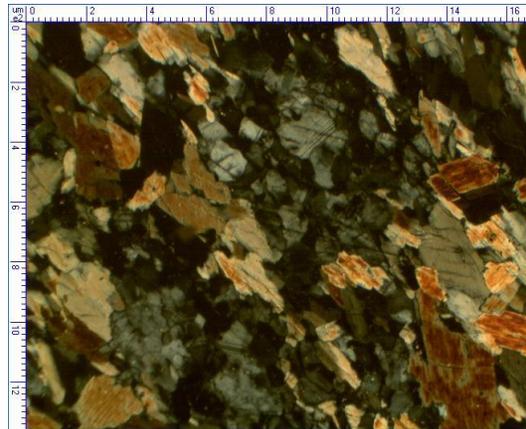


Figura 1. Microfotografía muestra M1. Constituida por anfíboles (Anf) y minerales de baja birrefringencia tales como plagioclasa (Plg) y feldspatos potásicos (Fk). (Nicoles cruzados). 10x.

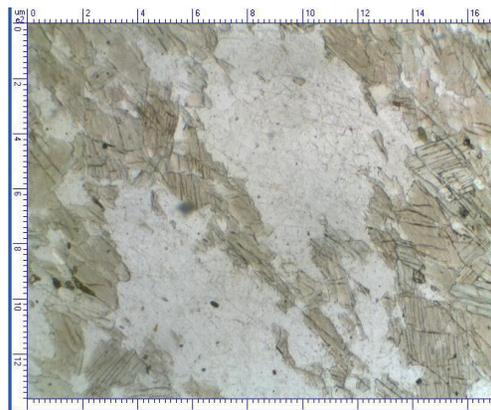


Figura 2. Microfotografía muestra M1. Se destacan los anfíboles por su coloración parda y el elevado relieve. (Nicoles paralelos). 10x.

Granofels anfibolíticos (Muestras M2, M3, M5, M6, M8, M9)

Se caracterizan por ser rocas con estructura masiva, en la cual, a diferencia de la anterior, no presentan orientación preferente de sus minerales constituyentes definiendo una textura granoblástica decusada (diablástica) y su variedad fibroblástica. La textura porfidoblástica es otra clase textural presente en dichas rocas, la cual puede observarse en la muestra M5. Desde el punto de vista mineralógico, se caracterizan por el predominio de anfíboles hornblenda y minerales de bajo grado metamórfico, tales como la clorita y minerales del grupo de la serpentina. Los anfíboles presentan hábito prismático largo, acicular, fibroso, mientras la clorita y los minerales de la serpentina son tabulares. Es importante destacar la ausencia de plagioclasas que presentan estos tipos de rocas.

No. muestra: M2

Coordenadas: X: 695675; Y: 210175

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: masiva

Nombre de la roca: Granofels con edenita y oxihornblenda

Textura: Granoblástica decusada

Color: Oscuro

Composición general: edenita, oxihornblenda.

Descripción de detalle: La muestra está constituida totalmente por minerales del grupo de los anfíboles. Los anfíboles se presentan en dos generaciones diferentes, unos con colores de interferencia que varían del amarillo-naranja de primer orden hasta el azul de segundo orden, con un ángulo de extinción de 21° y otros que se caracterizan por bajos colores de interferencia (gris-amarillo pálido de primer orden) y ángulos de extinción que varían aproximadamente desde 3° - 12° , el color natural de estos minerales varía desde el azul-verdoso pálido hasta el amarillo. Por sus características ópticas, cada uno de estos grupos de anfíboles se corresponden respectivamente con las variedades de hornblenda: edenita y oxihornblenda. En algunos cristales se presenta una cierta zonación, que se evidencia por el contraste de tonalidad del color de interferencia existente entre la parte central y periférica de los minerales, lo cual pudiera estar dado por un cambio composicional a lo largo de su estructura cristalina.

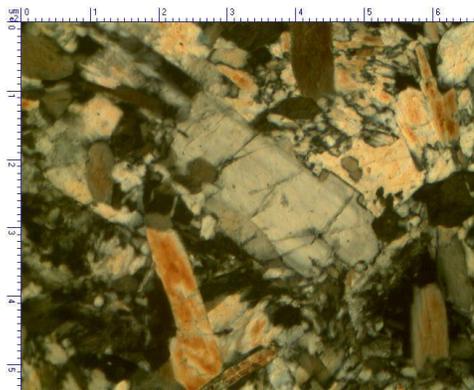


Figura 3. Microfotografía muestra M2. Cristales prismáticos de anfíboles hornblenda (Hbl) formando una típica textura granoblástica decusada. Obsérvese la zonación que presenta el mineral del centro. (Nicoles paralelos). 10x.



Figura 4. Microfotografía muestra M2. Igual a la foto anterior. (Nicoles paralelos). 10x.

No. muestra: M3

Coordenadas: X: 694800; Y: 212450

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: masiva

Nombre de la roca: Granofels con magnesio-hornblenda, clorita y serpentina

Textura: Granoblástica decusada

Color: Verde claro

Composición general: Magnesio-hornblenda, clorita y serpentina.

Descripción de detalle: Roca de grano fino cuyo tamaño de grano varía entre 0,01 mm y 0,5 mm aproximadamente. Está constituida por un 57 % de magnesio-hornblenda, 26 % de clorita y 18 % de serpentina. Presenta una textura granoblástica decusada en la cual se destacan bandas o vetillas de cristales de clorita en una masa de anfíboles y clorita de granulometría más fina. Los cristales de magnesio-hornblenda son prismáticos largos con colores de interferencia que llegan hasta el azul de segundo orden; su coloración varía desde incoloro a amarillo pálido, presentando un relieve elevado. Por su parte los granos de clorita y serpentina son muy similares, solo se han podido diferenciar por medio de los análisis químicos realizados. Se caracterizan por presentar bajos colores de interferencia hasta el gris de primer orden, incoloros, forma alargada, muy bajo relieve y extinción recta.

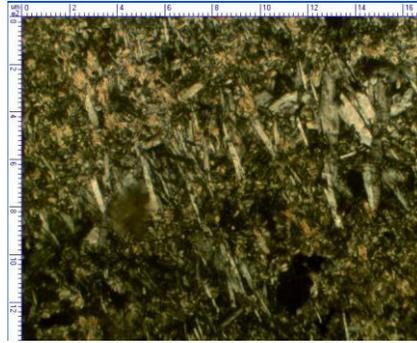


Figura 5. Microfotografía muestra M3. Se observan los cristales alargados de clorita (Chl) formando una banda, en una matriz constituida por hornblenda (Hbl) y clorita de granulometría muy fina. (Nicoles cruzados, aumento 4x).



Figura 6. Microfotografía muestra M3. Igual a la foto anterior. (Nicoles cruzados). 4x.

No. muestra: M5

Coordenadas: X: 695625; Y: 210225

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: Porfidoblástica

Nombre de la roca: Granofels con pargasita y clinocloro

Textura: Porfidoblástica

Color: Verde oscuro

Composición general: pargasita y clinocloro.

Descripción de detalle: La muestra está constituida por una matriz anfibolítico-clorítica de grano fino, la cual engloba porfidoblastos de clinocloro (variedad de clorita) cuyas dimensiones superan los 2,0 mm. Los anfíboles, por sus características ópticas, se corresponden con minerales del grupo de la hornblenda (pargasita), presentan colores de interferencia que alcanzan el azul de segundo orden, coloración verde-pálido a incolora y los ángulos de extinción oscilan entre 16° y 24°. Por su parte, los cristales de clorita presentan bajos colores de interferencia (gris de primer orden), incoloros, y

extinción recta, presentan, además, forma tabular, a diferencia de los anfíboles que son prismáticos. En los porfidoblastos de clorita se observan maclas, las cuales, en determinados puntos del mineral, se encuentran deformadas producto de la acción de débiles esfuerzos tectónicos.

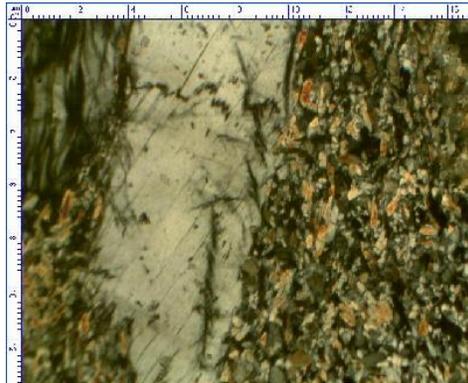


Figura 7. Microfotografía muestra M5. Porfidoblastos de clinocloro (Cln) en matriz constituida por anfíboles (Anf) y cristales de clinocloro de menor tamaño. Nombre de la roca: granofels anfibolito-clorítico con textura porfidoblástica (Nizoles cruzados, aumento 10x).

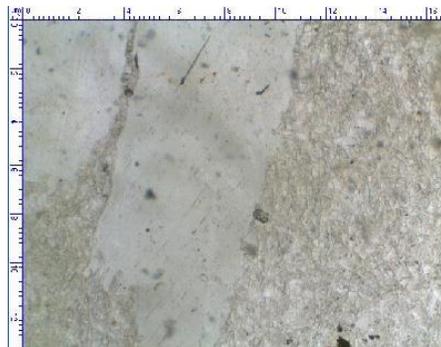


Figura 8. Microfotografía muestra M5. Igual a la foto anterior. (Nicoles paralelos). 10x.

No. muestra: M9

Coordenadas: X: 697175; Y: 209925

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: masiva

Nombre de la roca: Granofels con actinolita y clorita

Textura: Granoblástica decusada

Color: Verde oscuro

Composición general: actinolita, clorita.

Descripción de detalle: La muestra está constituida por un 64 % de clorita y 36 % de anfíboles. Los anfíboles se caracterizan por ser prismáticos alargados y aciculares, así

como elevados colores de interferencia que varían desde el amarillo de primer orden hasta el azul-verdoso de segundo orden, coloración amarillo-verdoso pálido y ángulos de extinción que oscilan entre 10° y 15° lo cual se corresponde con el anfíbol actinolita. Los cristales de clorita se caracterizan por presentar forma tabular, birrefringencia muy baja, alcanzando solamente el gris claro de primer orden, incoloros y extinción recta.

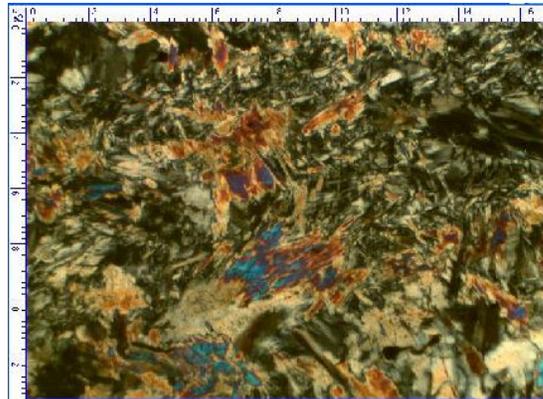


Figura 9. Microfotografía muestra M9. Granofels constituido fundamentalmente por actinolita (Act), clorita (Chl). (Nicoles cruzados). 10x



Figura 10. Microfotografía muestra M9. Igual a la foto anterior. Obsérvese el elevado relieve de los anfíboles. (Nicoles cruzados). 10x.

No. muestra: M6

Coordenadas: X: 695949; Y: 210216

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: masiva

Nombre de la roca: Granofels con pargasita y tremolita

Textura: Granoblástica decusada

Color: Verde oscuro

Composición general: pargasita y tremolita.

Descripción de detalle: Muestra constituida totalmente por los anfíboles pargasita y tremolita (según DRX). Presenta una granulometría fina a media, donde el tamaño de los granos minerales oscila entre 0,06 mm y 0,2 mm. Los cristales de anfíboles son prismáticos alargados y presentan colores de interferencia que varían desde el gris claro de primer orden al azul de segundo orden; su color natural es amarillo pálido a incoloro, su relieve es elevado y sus ángulos de extinción son muy variables, oscilando entre 8° y 27° .

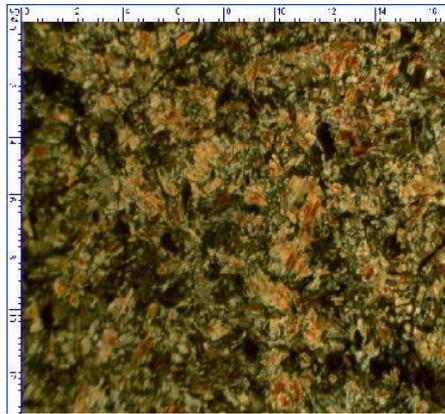


Figura 11. Microfotografía muestra M6. Granofels constituido fundamentalmente por hornblenda (Hbl). (Nicoles cruzados). 10x.



Figura 12. Microfotografía muestra M6. (Nicoles cruzados). 10x.

No. muestra: M8

Coordenadas: X: 695675; Y: 210225

Tipo de laboreo: Levantamiento geológico

Estructura: masiva

Nombre de la roca: Granofels con hornblenda, tremolita y clorita

Textura: Granoblástica decusada (variedad fibroblástica)

Color: Verde oscuro.

Composición general: hornblenda, tremolita, clorita y minerales accesorios.

Descripción de detalle: La muestra está constituida por un 45 % de hornblenda (pargasita), 37 % de tremolita y un 14 % de clorita (nimita); el resto está representado por minerales accesorios. La hornblenda se muestra de forma prismática alargada mientras la tremolita presenta forma acicular, formando generalmente grupos radiales de cristales que se han desarrollado a partir de un centro común, a manera de fibrolitas. El color natural de los mismos varía de verde muy pálido a incoloro, sus colores de interferencia llegan hasta el azul verdoso de segundo orden; su relieve es elevado y los ángulos de extinción se encuentran en el rango de 15° - 23° . La clorita se presenta en agregados de cristales microcristalinos de muy baja birrefringencia e incoloros.

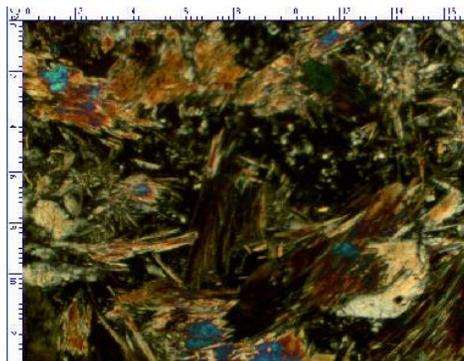


Figura 13. Microfotografía muestra M8. Granofels constituido fundamentalmente por hornblenda (Hbl), clorita (Chl) y tremolita (Tr) con textura fibroblástica. (Nicoles cruzados). 10x.

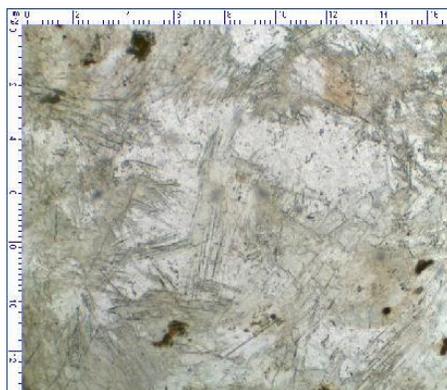


Figura 14. Microfotografía muestra M8. Igual a la foto anterior. (Nicoles cruzados). 10x.

Interpretación de los análisis de difracción de rayos-X

A partir de los análisis de difracción de rayos-x realizados, se obtuvieron cuatro gráficos difractométricos correspondientes a las muestras M1, M8, M6 y M5, en los cuales se muestran los picos difractométricos correspondientes a las fases minerales presentes en dichas muestras. El difractograma de la muestra M1 indica la presencia de dos fases minerales principales correspondientes a los picos de mayor intensidad: pargasita ($\text{Na, Ca}_2, \text{Mg}_4 \text{Al}_3 \text{Si}_6, \text{O}_{22}, (\text{OH})_2$) y edenita ($\text{Na, Ca}_2, \text{Mg}_5, \text{Al, Si}_7, \text{O}_{22} (\text{OH})_2$). En la muestra M8 se encuentran como fases minerales principales: pargasita, tremolita ($\text{Ca}_2, \text{Mg}_5, \text{O}_{22}, (\text{OH})_2$) y, en menor medida, la nimita ($(\text{Ni, Mg, Al})_6 (\text{Si, Al})_4 \text{O}_8 (\text{OH})_8$) (grupo de la clorita). En las dos últimas muestras se siguen presentando los anfíboles cálcicos pargasita y tremolita, excepto en la muestra M5 donde en lugar de la tremolita se encuentra el clinocloro ($\text{Mg}_5, \text{Al, (Si, Al)}_4, \text{O}_{10}, (\text{OH})_8$).

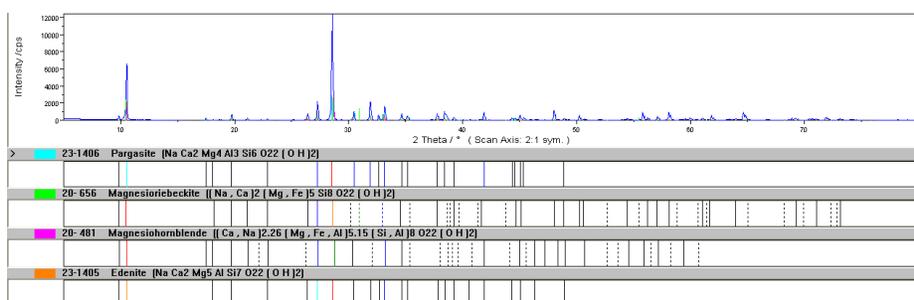


Figura 15. Difractograma de fases minerales en la muestra M1.

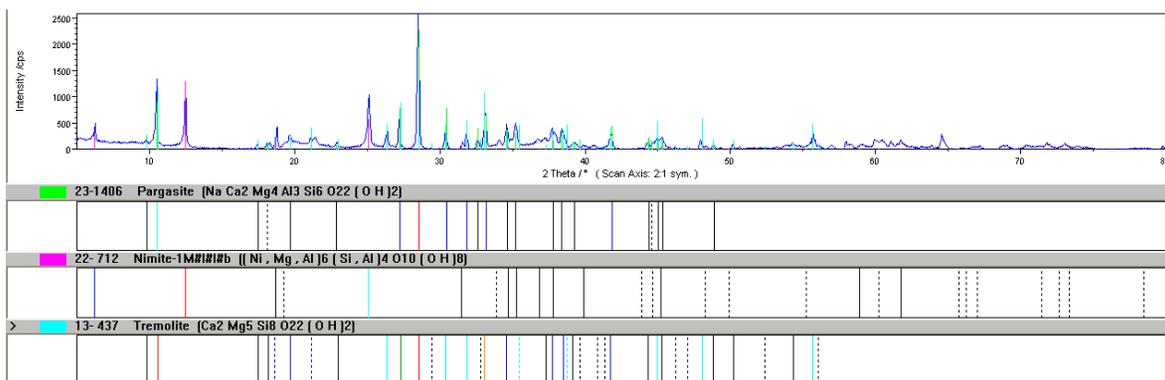


Figura 16. Difractograma de fases minerales en la muestra M8.

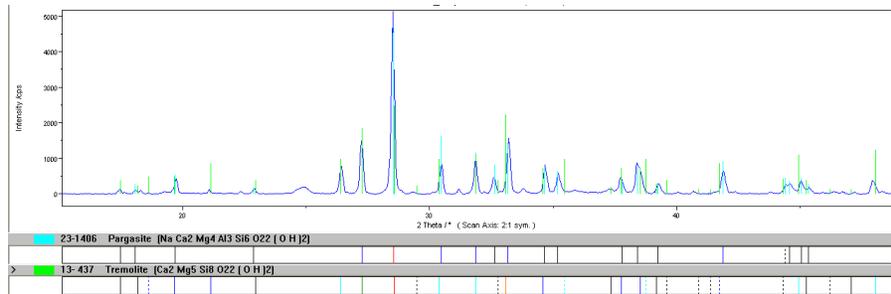


Figura 17. Diffractograma de fases minerales en la muestra M6.

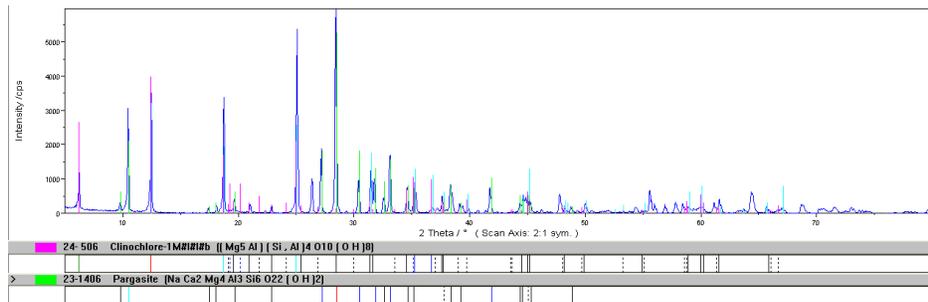


Figura 18. Diffractograma de fases minerales en la muestra M5. Interpretación de los análisis de fluorescencia de rayos-X.

Por los análisis de fluorescencia de rayos-X realizados al total de muestras se obtuvieron los datos de porcentajes en óxidos del contenido de elementos mayores presentes en las mismas, a partir de los cuales se confeccionó el diagrama de clasificación TAS (total álcalis vs. sílice) para rocas volcánicas (Le Maitre *et al.*, 1989), con el objetivo de determinar el tipo de protolito.

La mayoría de las muestras ploteadas caen dentro de un campo composicional correspondiente a rocas tipo basaltos, picrobasalto y, en menor medida, tefritas o basanitas.

Consideraciones finales

A partir de los análisis petrográficos realizados y los resultados obtenidos a partir de las técnicas analíticas de difracción y fluorescencia de rayos X, se ha llegado a establecer que las rocas anfibolitizadas del sector este de la presa Nuevo Mundo constituyen rocas metamórficas de grado medio-bajo, clasificadas de acuerdo con su estructura y mineralogía dominante en anfibolitas gnéisicas y granofels anfibolíticos, caracterizadas por presentar una granulometría de fina a media, elevada densidad y muy bajo grado de recristalización.

Las fases minerales identificadas en las mismas son predominantemente minerales del grupo de los anfíboles hornblenda, tales como pargasita y edenita, según los análisis de difracción de rayos-X (DRX), además de otros minerales tales como tremolita, magnesiohornblenda, oxihornblenda, minerales del grupo de la clorita (clinocloro, nimita) y de la serpentina, y en menor medida, plagioclasa (oligoclasa-andesina) y feldespatos potásicos.

Es interesante destacar la ausencia de plagioclasa en la mayoría de las muestras, solo en algunas muestras, como la M1, se advierte la presencia de las mismas. Este hecho está en correspondencia con la composición mineralógica de sus protolitos, los cuales, según el diagrama de TAS confeccionado a partir del ploteo de los datos geoquímicos obtenidos por fluorescencia de rayos-X, se corresponden con rocas tipo picrobasalto y basaltos fundamentalmente y, en menor medida, tefritas o basanitas.

Es característico en las mismas el desarrollo de una textura granoblástica decusada consistente en un mosaico de cristales hipidiomorfos inequidimensionales (prismáticos o tabulares) dispuestos aleatoriamente; solo en algunas muestras se observan texturas granonematoblástica (gnéisica) y porfidoblástica.

En estas litologías se observan determinados rasgos petrográficos que implican la ocurrencia de un metamorfismo de baja presión correspondiente a la parte inferior de la facies anfibolita, tales rasgos son los siguientes: la ausencia de minerales de alta presión como glaucofana, granate, etc.; el predominio de estructuras sin foliación (masiva), lo cual es un indicativo de que durante su formación los esfuerzos desviatorios no fueron de gran intensidad, y la presencia de clorita primaria, tremolita y serpentina. Por las características petrológicas expuestas anteriormente y su forma de yacencia en el campo, se considera que las rocas anfibolitizadas del sector estudiado constituyen fragmentos de una antigua corteza oceánica sometida a metamorfismo de grado medio-bajo.

Conclusiones

En función de las fases minerales identificadas y de los rasgos texturales, las rocas anfibolitizadas del sector de estudio se clasifican en dos grupos litológicos principales: anfibolitas gnéisicas y granofels anfibolíticos.

Las paragénesis minerales determinadas son las siguientes:

- Hornblenda (Hbl) + tremolita (Trm) + clorita (Chl)
- magnesio-hornblenda + clorita (Chl) + (minerales del grupo de la Sp) pargasita (Prg) + clinocloro (Cln)
- actinolita (Act) + clorita (Chl)
- pargasita (Prg) + tremolita (Trm)
- hornblenda (Hbl) + pargasita (Prg) + edenita (Edn) + plagioclasa (oligoclasa-andesina) + feldesp. potásico (Fk).

Estas litologías constituyen fragmentos de una antigua corteza oceánica sometida a metamorfismo de grado medio-bajo, correspondiente a la parte inferior de la facies anfibolita.

Referencias bibliográficas

- ALMAGUER, A. 1996: Composición de las pulpas limoníticas de la planta Pedro Sotto Alba. Parte II. Periodo de crisis de sedimentación. *Minería y Geología* 13(1): 27-31.
- BRAND, N. ; BUTT, C. R. M.; ELIAS, M. 1998: Nickel laterites: Classification and features. *Agso journal of australian. Geology and geophysics* 17: 81-88.
- GALÍ, S.; PROENZA, J.; LABRADOR, M.; MELGAREJO, J.; TAULER, E.; MUÑOZ, N.; ROJAS, A.; OROZCO, O. 2006: Caracterización mineralógica de los perfiles lateríticos tipo óxido: yacimiento Punta Gorda (Cuba Oriental). *Macla* 6: 197-199.
- ITURRALDE-VINENT, M.; DÍAZ, C.; RODRÍGUEZ, A.; DÍAZ, R. 2006: Tectonic implications of paleontologic dating of Cretaceous–Danian sections of Eastern Cuba. *Geologica Acta* 4: 89–102.
- MUÑOZ, J. 2004: Geología y Mineralogía de los yacimientos residuales de menas lateríticas de Fe-Ni-Co. PDF-Files. ICT. ISMMM, 22 p.
- ROJAS, A. 1994: Influencia de la composición mineralógica del material limonítico de frentes de explotación de la industria Pedro Sotto, Moa. *Minería y Geología* 11(1): 13-17.