

REPORTE MINERALÓGICO DEL SULFURO MILLERITA EN UN DEPÓSITO DE NÍQUEL SUPERGÉNICO DE LA REGIÓN DE MOA.

MINEROLOGICAL REPORT OF MILLERITE SULPHUR IN A NICKEL SUPERGENE DEPOSIT IN MOA REGION.

José A. Alonso Pérez ⁽¹⁾, Ileana Cabrera Díaz ⁽²⁾, Abdel Casanova Gómez ⁽²⁾, Carlos Toledo Sánchez ⁽¹⁾, Waldo Lavaut Copa ⁽¹⁾, Asor Martínez Montalvo ⁽²⁾, José Castellanos Suárez ⁽²⁾

En el presente trabajo se determina la composición mineralógica de una muestra que se documentó en un perfil geológico que corresponde a un depósito de níquel supergénico laterítico-saprolítico (sub-tipo serpentínico) que se localiza en la región de Moa, todo a fin de determinar sus asociaciones mineralógicas atípicas y principales contenidos químicos de elementos mayores, a través del empleo de las técnicas instrumentales de análisis de fases: *Difractometría de polvos de Rayos-X* y *Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)*, esta última acoplada a un espectrómetro de fluorescencia de rayos-X dispersivo en energía (EDS).

Los resultados que se logran muestran la vinculación directa del níquel con tres minerales fundamentales: (1) *millerita* (NiS; 58,90% Ni), de rara aparición en cortezas de intemperismo lateríticas, (2) *arcilla esmectítica nontronita* (1,41 % Ni), fase principal que le proporciona la tonalidad verde olivo intensa peculiar a la mena y (3) *serpentina*, la que se corresponde con la variedad *lizardita*.

Como minerales secundarios acompañantes presentes en la composición sustancial de la muestra se identificaron además: *goethita*, *sulfuros de hierro* y *hematita* respectivamente.

Por último, la presencia de la *millerita* y sulfuros de hierro (pirita y/o marcasita), sugieren procesos de formación en condiciones reductoras de dichas menas.

Palabras claves: Sulfuro de millerita, Difractometría de polvos de Rayos-X, Microscopía Electrónica de Barrido

In the present work it was determined the mineralogical composition of a sample which it was documented during a geological profile description and associated to one ore of nickel supergene laterite-saprolite type; (sub-type serpentinitic laterite-saprolite) in Moa district, with the objective to determine their non-common mineralogical associations and the main major elements, employing the following instrumental techniques of phase analysis: (1) *Optical Microscopy*, (2) *X-ray Diffraction (XRD)*, and (3) *Scanning Electron Microscopy (SEM) coupled to an X-ray Fluorescence Dispersive in Energy Spectrometer (EDS)* respectively.

The results achieved show the direct relationship of nickel: (1) *millerite* (NiS; 58.90% Ni), a rare mineral in laterite weathering crust, and (2) *the smectitic clay nontronite* (1.41% Ni), main phase that show the peculiar intense tonality green olive in these ores.

In the sample, other accompanying secondary phases are included in the substantial composition such as: *serpentine*, *goethite*, *pyrite* and *hematite*.

Finally, the presence of the millerite and the sulfide minerals (pyrite and or marcasite), suggest process formation under reducing conditions of these ores.

Keywords: Millerite sulfide, X- ray Diffraction, Scanning Electronically Microscopy.

Recibido: 21 de enero del 2016

Aprobado en su forma original: 14 de abril del 2016

(1) Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIIMM), Varona 12028 Km^{1/2} Boyeros, La Habana, Cuba, CP-10800

(2) Instituto de Geología y Paleontología. Vía Blanca No 1002 y Línea del Ferrocarril, San Miguel del Padrón. CP 11000. La Habana. Cuba. Correo electrónico: josea@iqp.minem.cu

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos lateríticos cubanos formados sobre mantos de meteorización Fe-Ni-Co, constituyen la mayor riqueza mineral metálica que posee el país. Estos se localizan en la región de Moa-Baracoa y Pinares de Mayarí fundamentalmente (Cazañas y Batista, 2009).

Otras regiones del país, aunque contienen recursos significativos de lateritas, sus menas no se explotan, tales son los casos de las Lomas de Cajálbana (Pinar del Río) y del Peniplano Camagüey (San Felipe). En menor proporción aparecen también algunas manifestaciones en San Miguel de los Baños en Matanzas (Cazañas y Batista, 2009).

Lavaut-Copa *et al.* (1998, 2002), describen dos modelos genéticos descriptivos para los depósitos supergénicos Fe-Ni-Co: (1) lateríticos y (2) lateríticos-saprolíticos. Ejemplos del primer tipo en Cuba lo tenemos en Pinares de Mayarí Oeste (Mayarí); Luz (Nicaro); Camarioca Norte (Moa), Moa Oriental (Moa) y Yagrumaje Oeste en Moa (Lavaut-Copa *et al.*, 2014). Por su parte, en los depósitos lateríticos-saprolíticos se presentan dos subtipos fundamentales: a) laterítico-saprolítico-serpentínico, los que tienen su representación en los yacimientos Punta Gorda (Moa), Martí (Nicaro), Ocuja-Ramona (Nicaro), Solíbano (Nicaro), Moa (Moa), Piloto (Moa), Yagrumaje Norte y Sur (Moa), Camarioca Sur (Moa), Pinares de Mayarí Este (Mayarí). Por último, para el subtipo laterítico-saprolítico-arcilloso solo se reporta el depósito San Felipe en el Peniplano Camagüey (Lavaut-Copa, 2014).

Por otra parte, la composición mineral de las menas de los depósitos lateríticos-saprolíticos, depende de su posición en el corte litológico y subtipo de depósito, en ella se consideran los minerales portadores de (níquel + cobalto) y de forma minoritaria los minerales no portadores (ganga). Así tenemos que en el subtipo laterítico-saprolítico serpentínico, el perfil laterítico lo constituyen oxi-hidróxidos de hierro hasta más de 80% de la masa mineral de las

menas, con goethita predominantemente, magnetita, maghemita y alumogoethita, los principales portadores del cobalto con bajos contenidos de níquel son los minerales de manganeso (asbolanas y wades: psilomelano, todorokita, woodruffita, feitknechtita). En el perfil saprolítico las fases minerales portadoras de níquel son las serpentinas (20-65% de lizardita, antigorita, crisotilo), las arcillas esmectíticas (10-40%) principalmente ferruginosas (Fe-saponitas y nontronitas con inclusiones de nepouita y garnierita), así como la porción minoritaria (15-30%) presente de oxi-hidróxidos de hierro (goethita) y la espinela maghemita según plantea Almaguer *et al.* (2003) citado por Lavaut-Copa (2014).

Cabrera *et al.* (2005), Chang (2005) y Gallardo *et al.* (2010, 2011) citados por Lavaut-Copa (2014)⁴, plantean que en el subtipo laterítico-saprolítico arcilloso (Ejemplo: "San Felipe"), los principales minerales portadores del níquel son la arcilla nontronita con inclusiones de trevorita y ernieniquelita (Ni 42-58%), esta última fase reportada por Hernández y Cabrera (2001), la variedad de serpentina lizardita (Ni=14-44%) y minoritariamente también maghemita-goethita (Ni= 6-14%) y la arcilla clorita (Ni = 5%).

Los minerales no portadores de níquel y/o cobalto tienen una difusión subordinada en ambos subtipos de depósitos, aunque están presentes en las menas, generalmente componiendo las fracciones gruesas, y principalmente son cromoespinela, hematita, gibbsita. En las menas coexisten con las fases cristalinas minerales amorfos diferentes según el subtipo de modelo: en el subtipo laterítico-saprolítico serpentínico son serpentina, cromita y cuarzo, mientras que en el subtipo laterítico-saprolítico arcilloso son fundamentalmente cuarzo y sílice libre. La ganga está compuesta principalmente por concreciones goethítico-hematíticas, gibbsita, cromoespinelas y trazas de silicatos primarios o secundarios estériles. Otros minerales subordinados y raros son: el cuarzo, sílice criptocristalina (opalo, calcedonia) y la magnesita (Lavaut-Copa, 2014).

Cabe destacar en lo que concierne a la composición mineralógica del sub-tipo laterítico-saprolítico el hallazgo de minerales no frecuentes a los que con regularidad se reportan. En ese sentido el presente trabajo aborda como objetivo general la caracterización de una mena de Ni supergénico (subtipo laterítico-saprolítico-serpentinítico) de un depósito de la región de Moa, todo mediante el empleo de técnicas instrumentales de análisis mineralógico y de fases, tales como la Microscopía Óptica, la Difractometría de polvos de rayos-X (DRX), y la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), acoplada a la Espectrometría de Fluorescencia de rayos-X Dispersiva en Energía (EDS).

MATERIALES Y MÉTODOS

(a) Preparación de muestras

La muestra objeto de evaluación se recibió en el laboratorio de Mineralogía y Análisis de Fases de la DCM del CIPIMM, separándose en dos fracciones: (1) *muestra cabeza* y (2) *fracción enriquecida en minerales metálicos*.

(b) Equipos y selección de parámetros instrumentales

Para el análisis mineralógico, se utilizó un microscopio óptico binocular marca MEIJI, acoplado a una cámara de video SONY, modelo SSC-C 370, interfase YS-W150, con analizador de imágenes. El procesamiento de resultados se realizó con el software DIGIPAT. La composición química de los minerales que se muestran en las tablas 1-3, se determinaron con un sistema de microscopía electrónica de barrido con analizador de rayos-X dispersivo de energía, modelos TESCAN 5130 SB y Oxford Instruments INCA 350 respectivamente. Los difractogramas se realizaron por el método de polvos, en un equipo marca Philips, modelo PW-1710, con los siguientes parámetros instrumentales de operación:

Goniómetro	Vertical
Sistema de focalización	Bragg-Brentano
Radiación Kα	Fe
Filtro	Mn
Diferencia de potencial aplicada	30 kV
Corriente anódica	20 mA
Calibración	Patrón Silicio
Registro angular	6-80 ^o (2 θ)

Los registros se obtuvieron según la variante de medición punto a punto; paso angular 0,05^o, tiempo de medición en cada posición angular; 3 segundos. Los resultados de: Intensidades relativas vs. Dispersión angular, se convirtieron en difractogramas continuos con el empleo de la Hoja de Cálculo para PC; "Origin"; versión 8.0, compatible con Windows 7 "Ultimate" para Office.

El análisis cualitativo de fases por DRX, se realizó con el programa de PAnalytical "X Pert High Score"; versión 2003, además se emplearon, la Instrucción de Operación 14: "Manejo del difractómetro de rayos-X Philips PW-1710" y el Procedimiento Técnico (PT-10-002) de la DCM: "Análisis cualitativo de fases mediante DRX".

Con la finalidad de determinar la especiación geoquímica del níquel con los minerales y elementos de interés presente en las menas, se empleó un microscopio electrónico de barrido (MEB) de la firma TESCAN, modelo VEGA-TS5130SB, del LCC-MININT. La microcomposición químico-elemental, se determinó a través de una microsonda de fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (EDS), acoplada al MEB. Las condiciones de registro de cada imagen se consignan en las microfotografías que en cada caso se obtuvieron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

(a) Difracción de rayos-X (DRX)

En la figura 1 se muestra el difractograma de polvos que caracteriza al mineral de cabeza, el cual se distribuye de forma homogénea en el

punto de mineralización de interés, para así precisar el tipo específico de arcilla y serpentina presente.

En el registro correspondiente, se observan los principales máximos de difracción de la arcilla esmectítica (rica en Fe), variedad nontronita: $d = 15,7, 4,51, 2,56$ y $1,562 \text{ \AA}$. Como minerales

secundarios en la composición sustancial de la muestra se identifican: (1) *serpentina del tipo lizardita*; $d = 7,34, 3,63, 2,51 \text{ \AA}$; (2) *goethita*; $d = 4,18, 2,69$ y $2,45 \text{ \AA}$ (3) *óxidos amorfos de silicio (mezcla de ópalo y/o calcedonia)* y (4) *millerita*; $d (\text{ \AA}) = 4,77$ y $2,74$, respectivamente.

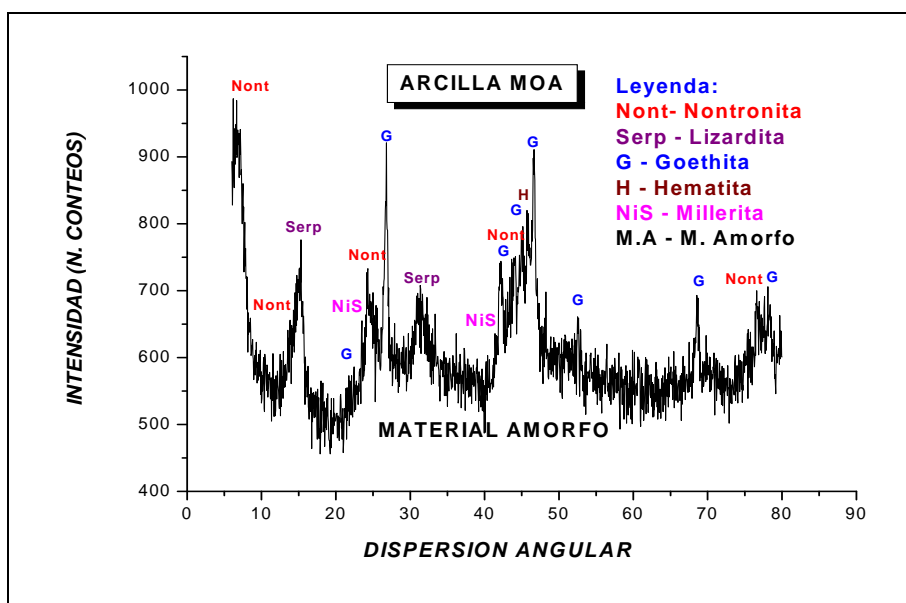


Figura 1. Difractograma de la arcilla nontronítica con presencia de NiS

Los resultados composición sustancial obtenidos por DRX, señalan que la muestra es típica de menas de níquel supergénico saprolíticas-serpentiníticas-arcillosas, dada la presencia de nontronita, serpentina, goethita y un sulfuro de níquel (probablemente millerita) de rara ocurrencia en menas lateríticas cubanas.

(b) **Microscopía Óptica.** En la figura 2 se presenta la imagen que se logra bajo el microscopio óptico binocular, la que muestra pequeños cristales constituyentes de la matriz mineral arcillosa, de color oscuro y textura deleznable (arcillas). En la foto se aprecian también, cristales de colores rojizos con óxidos de hierro, algunos blancos de sílice coloidal y un mineral metálico brillante (FeS_2 , piritay/o marcasita).



Figura 2. Imagen al microscopio binocular de los minerales de la matriz (Aumento $1,5\times$)

Por su parte, la figura 3 muestra otra imagen con cristales fibrosos y brillo metálico de color amarillo latón, que aparecen en fisuras dentro de los minerales de la matriz (arcillas). Al respecto, es de señalar que, el mineral fibroso se encuentra formando incrustaciones dentro de los minerales, pero

estos se disgregan fácilmente con la aguja separadora. En la foto de la figura 4, se muestra la imagen de las fibras del mineral metálico ya disgregadas, de la cual se separó una fracción enriquecida de dicho mineral.



Figura 3. Imagen al microscopio binocular de un mineral metálico fibroso que se observa dentro de fisuras del mineral arcilloso de la matriz (aumento 1,5^x)



Figura 4. Imagen bajo microscopio binocular del mineral metálico fibroso (aumento 1,5^x)

c) **Microscopía Electrónica de Barrido-Fluorescencia de rayos-X (MEB-EDS).** En la microfotografía que se logra (figura 5), se muestra la imagen MEB del mineral de cabeza. En la misma se observa en primer lugar, la distribución heterogénea de tamaño en las partículas que componen la

matriz, señalándose tres tipos de granulometrías entre sus minerales constituyentes: (1) 100 -200 μm ; (2) 50 - 60 μm (*agujas brillantes al haz de electrones retrodispersados del MEB*) y (3) *partículas entre 5 - 20 μm .*

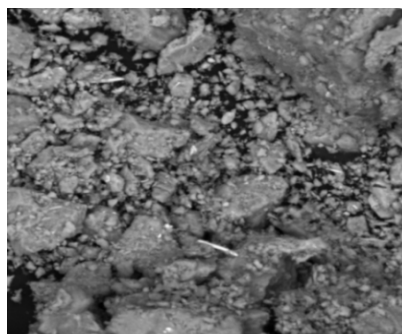


Figura 5. Imagen MEB general de la muestra cabeza

Por su parte, el análisis de microcomposición elemental de la matriz se presenta en el espectro EDS (figura 6, tabla I). Dicho análisis reporta, altos contenidos de silicio y oxígeno que se vinculan a óxidos de silicio, concentraciones adicionales de hierro, magnesio, cromo, aluminio y níquel,

dada la presencia de óxidos de hierro (goethita y/o hematita), aluminosilicatos (arcillas y/o serpentina) de difícil identificación al microscopio óptico por su pequeñísimo tamaño de partículas, además de cromita y un mineral portador de níquel, en poca cuantía.

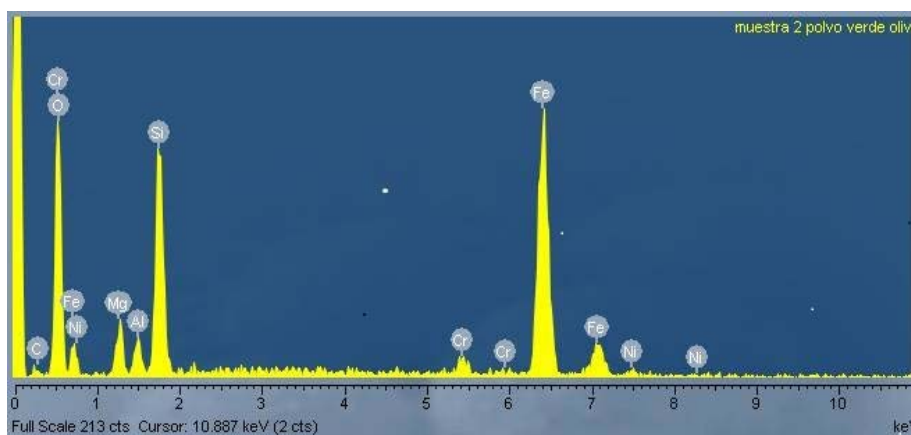


Figura 6. Espectro EDAX de la muestra cabeza

Tabla I. Microanálisis cuantitativo EDS de la muestra cabeza (color verde olivo intenso).

Muestra	O (%)	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	Cr (%)	Fe (%)	Ni (%)	Total (%)
Mineral Cabeza (verde olivo)	59,49	5,60	2,24	14,65	1,70	15,00	0,70	100

Con la finalidad de esclarecer la identidad de cada fase mineral, se obtuvo la imagen MEB (figura 7) del mineral sulfuroso metálico, obteniéndose el espectro EDS

(figura 8) con el microanálisis elemental cuantitativo correspondiente (tabla II). En la microfotografía MEB del mineral se aprecia como los cristales presentan hábito

de fibras, formando agregados capilares radiales entre ellos, los que se entremezclan e incrustan semejando alfileros de agujas con los agregados

terrosos deleznales (arcilla nontronita) y otros (goethita, serpentina) que componen la matriz de la muestra.

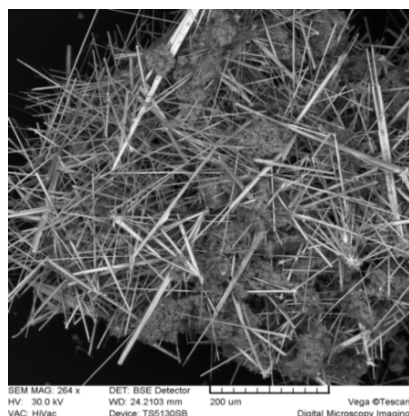


Figura 7. Imagen MEB de la fracción enriquecida (fibras) del mineral de Moa

Tabla II. Microanálisis elemental cuantitativo de las microfibras

Muestra	S (%)	Fe (%)	Ni (%)	(O+Mg+Al+Cr) (%)
Fracción enriquecida (fibras)	58,90	1,54	29,17	100

Por otra parte, la figura 9 muestra el espectro EDS de una muestra de referencia de la Base de Datos deMEB, la cual coincide con el del sulfuro de níquel: millerita (NiS).

Como se observa, existe similitud entre ambos espectros, no obstante, en la muestra de interés, se detectan pequeños

contenidos de hierro (figura 8, tabla II), los que según se reporta en la literatura consultada (Manual de Mineralogía, versión digital, 2004-2011)¹¹ y Betejtin (1970)¹², pueden encontrarse también en la millerita como sustituyentes isomórficos entre el 1 - 2 % (m/m).

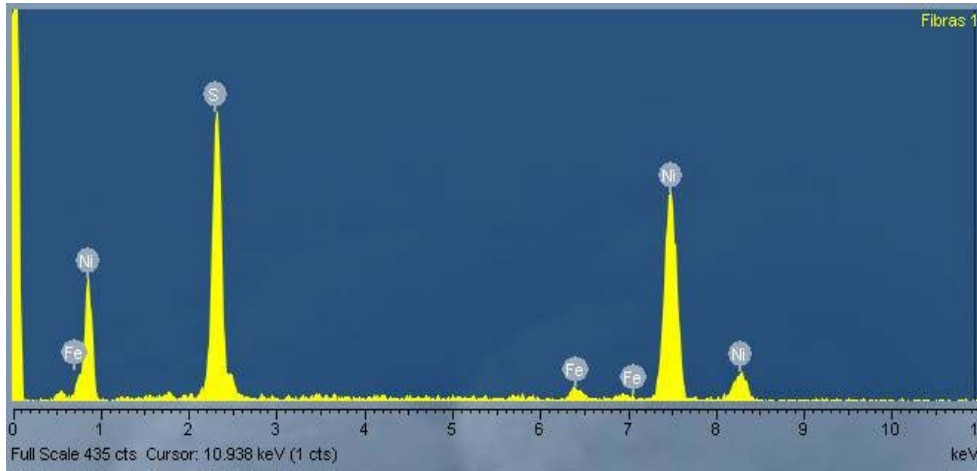


Figura 9. Espectro EDS de la muestra de referencia de la Base de Datos MEB (mineral NiS, millerita)

De la misma forma se procede para el análisis e identificación microestructural detallada de minerales primarios y secundarios presentes en la matriz, como se muestra en las microfotografías siguientes (figuras 10 y 11).

En la figura 10, se observa el hábito de un cristal irregular de composición elemental ligera, compacto, tamaño mayor de 1 mm, el cual se encuentra entrecrecido con otro más pesado (brillante al haz de electrones retrodispersados del MEB) de morfología cúbica (pirita).

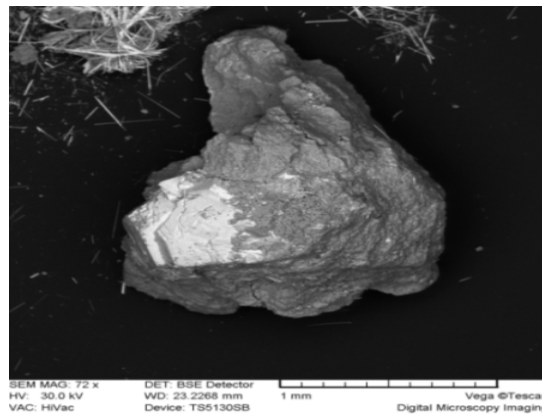


Figura 10. Imagen MEB del mineral ligero (arcillas en color gris oscuro) y otro más pesado brillante con hábito cúbico (pirita) presente en la muestra evaluada. Se observan además, pequeñas agujitas de millerita dispersas en la parte superior de la microfotografía.

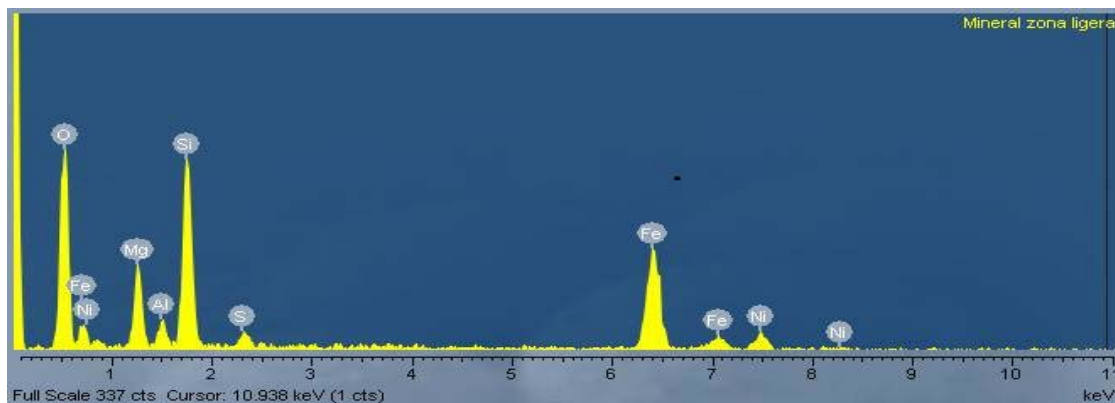


Figura 11. Espectro EDS del mineral ligero de Moa

El espectro EDS del mineral ligero (figura 11), corresponde a:(1) *mezcla de óxidos de silicio*, (2) *aluminosilicatos*, (4) *óxidos de hierro*, y *contenidos adicionales de níquel asociados al sulfuro de níquel millerita* (señal del azufre, $L\alpha$ 2.3 keV), hecho que se confirma mediante el microanálisis elemental que se logra (tabla III).

De la misma forma, el espectro EDS del mineral de mayor densidad (figura 12), corrobora la identidad del *sulfuro de hierro pirita*, en asociación con *millerita*. Como un aspecto de interés se detectan pequeñas cantidades de la señal de oxígeno en el espectro EDS ($L\alpha= 0,55$ keV), el cual se vincula con oxihidróxidos del tipo goethita y/o hematita.

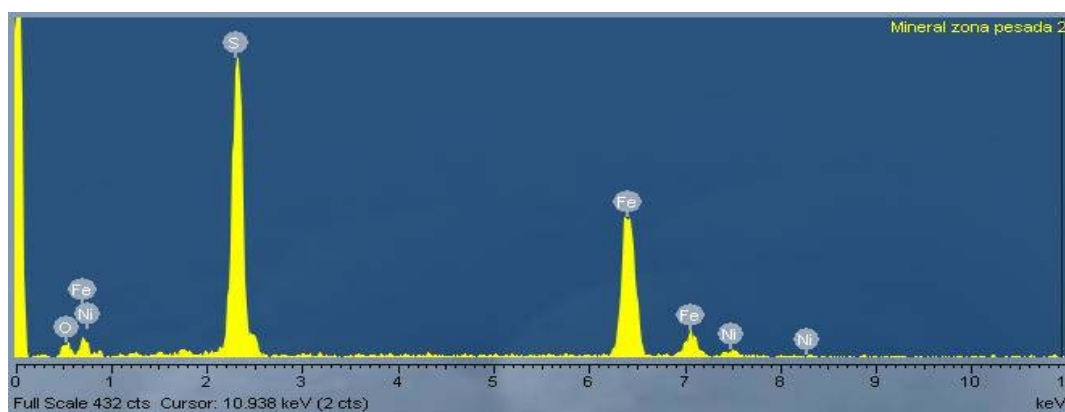


Figura 12. Espectro EDS del mineral pesado pirita (FeS₂) con trazas de millerita (NiS)

Tabla III. Microanálisis elemental cuantitativo de la micropartícula pesada y ligera (figuras 11 y 12)

Muestra	O (%)	Mg (%)	Al (%)	S (%)	Fe (%)	Ni (%)	Si (%)	Total (%)
Mineral ligero (aluminosilicatos)	69,74	8,14	1,6	0,93	27,88	1,41	12,27	100
Mineral pesado (pirita - millerita - goethita)	28,53	-	-	42,18	28,18	1,11	-	100

Por último, en las figuras 13, 14, 15y 16, se presenta, el mapeo elemental de los tres minerales principales que conforman la muestra objeto de investigación: (1) *fibras*, (2) *cristales cúbicos de pirita (gris claro)*, (3)

mineral constituyentes del cemento (zona oscura del MEB), que corroboran los argumentos que se exponen acerca de la caracterización mineralógica de la muestra objeto de estudio.

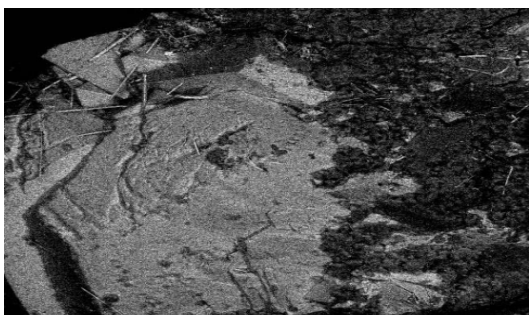


Figura 13. Imagen MEB de los minerales principales presentes en la muestra objeto de evaluación: (1) campo gris (cristales de pirita, hábito cúbico), (2) cemento silicatos (parte derecha zona oscura), (3) fibras brillantes incrustadas de millerita (vista superior izquierda).

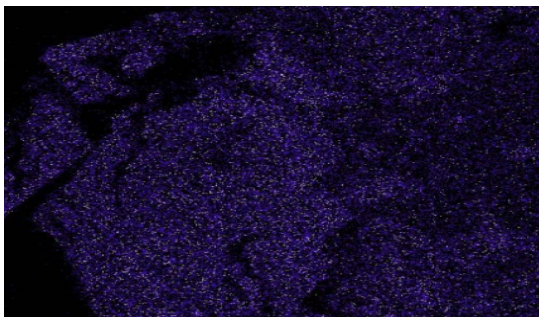


Figura 14. Mapeo elemental de Fe en la microfotografía MEB (figura 13). Se observa la distribución homogénea del elemento, que indica su abundancia en los principales minerales metálicos (pirita y millerita) presentes en la muestra.

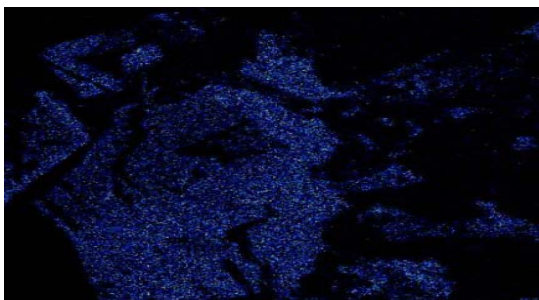


Figura 15. Mapeo elemental de S en la microfotografía MEB (figura 13). Se observa la distribución homogénea del elemento, que indica al igual que la microfotografía anterior su asociación a los principales minerales metálicos (pirita + millerita) presentes en la muestra.



Figura 16. Mapeo elemental de Si en la microfotografía MEB (figura 13). Se observa su distribución localizada solo en el material cementante (en color rojo), lo que indica su vinculación directa con los aluminosilicatos (arcillas y serpentina).

CONCLUSIONES

1. El mineral fundamental de la muestra objeto de evaluación, lo constituye la esmectita rica en hierro (nontronita) acompañada de serpentina (lizardita), ambas identificadas por técnicas instrumentales de DRX y MEB-EDS respectivamente.
2. El mineral sulfuroso principal presente en la muestra es la millerita (NiS). El mismo se presenta formando microagregados aciculares (fibras capilares) con la arcilla nontronítica. Su microcomposición elemental obtenida por EDS es la siguiente: S -29,17%; Ni - 49,49% y Fe - 1,54 %, señalándose que el hierro se encuentra como sustituyente isomórfico del níquel en la estructura cristalina del mineral, según reporta la literatura mineralógica consultada.
3. Como minerales metálicos secundarios presentes en la composición sustancial de la muestra de Moa, se detectaron goethita, hematita y un sulfuro de hierro (pirita y/o marcasita) en menor cuantía.
4. La presencia de *millerita* así como de sulfuros de hierro -de rara ocurrencia en menas nontronito-niquelíferas cubanas-, sugiere que durante la formación de dichas menas tuvieron lugar procesos de meteorización en un ambiente reductor.

BIBLIOGRAFÍA

- Almaguer A., Zamarsky V. 1993. Estudio de la distribución del hierro, níquel y cobalto en los tamaños de los granos que componen el perfil de las cortezas de intemperismo de las rocas ultramáficas hasta su desarrollo laterítico y su relación con la mineralogía. *Minería y Geología* No. 10, pag. 17-23.
- Betejtin A. 1970. Curso de Mineralogía, Edit. MIR, Moscú
- Cabrera-Díaz I, Alonso-Pérez J.A y otros. 2005. Evaluación de los minerales portadores de níquel en ultrabasitas del Peniplano Camagüey y comparación con depósitos del macizo Moa-Baracoa, I Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, MIN 2-14, ISSN 959-7117-03-7
- Cazañas X, Batista R. 2009.. "Geología de Cuba para todos", Cap.10 (118-124), Ed. Científico-Técnica. Colectivo de autores, Editor científico Manuel Iturralde Vinent.
- Gallardo T. et al. 2010. El Yacimiento de San Felipe (Camagüey, Cuba): un ejemplo de Lateritas Niquelíferas Tipo Arcilla. *Revista Macla* No. 13, septiembre.
- Gallardo T. et al. 2011. Caracterización Mineralógica de las Esmectitas Niquelíferas del Yacimiento de San Felipe (Camagüey, Cuba). *Revista Macla* No. 15, septiembre.
- Handbook of Mineralogy, Copyright (2004-2011), Mineralogical Society of America.
- Chang Rodríguez A. 2005. Caracterización geólogo-geoquímica y mineralógica del yacimiento de lateritas niquelíferas San Felipe, provincia Camagüey, I Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, MIN 2-4, ISBN 959-7117-03-7
- Lavaut Copa W. 1998. Tendencias geológicas del intemperismo de las rocas ultramáficas en Cuba Oriental. *Minería y Geología* No. 15, pág. 9-16.
- Lavaut Copa W., Barrabí Diaz H y Rodríguez Crombet R. 2002. Modelo descriptivo de depósitos Fe-Ni-Co lateríticos. Trabajo final del Curso de Posgrado "Modelos de Yacimientos Minerales" por Ariosa Iznaga J.D. UO-EGMO.
- Lavaut Copa W. 2014.. Memoria explicativa al mapa metalogénico de la República de Cuba a escala 1: 250 000, Instituto de Geología y Paleontología, MINEM.
- Rodríguez-Hernández J, Cabrera I, Alonso J.A. 2001. Primer hallazgo del mineral Ernieniquelita (NiMn₃O₇.3H₂O) en Cuba. Memorias de la 6ta Convención Internacional de las Industrias Metalúrgica, Mecánica y del Reciclaje, METANICA, Palacio de las Convenciones, La Habana, Julio, Publicación en soporte magnético, ISSN 1607-628.