

Caracterización mineralógica de perfiles lateríticos del sector 048 en el yacimiento Punta Gorda, Holguín, Cuba

Vidiana Toirac Leyva

vdleyva@geologia.ismm.edu.cu

Arturo Rojas Purón

Universidad de Moa

Resumen: Se caracterizó mineralógicamente dos perfiles lateríticos del sector O48 del yacimiento Punta Gorda, en Moa, Cuba, formados a partir de rocas básicas y ultrabásicas pertenecientes al macizo ofiolítico Moa-Baracoa; empleando técnicas de Difracción de Rayos-X (DRX), Fluorescencia de Rayos-X (FRX) y Microscopía óptica ordinaria. Los resultados muestran la presencia, en la zona saprolítica de estos perfiles arcillas tipo caolinita, junto con esmectitas y cloritas (clinocloro) asociadas a horizontes lateríticos con óxidos de Fe: goethita y hematita, con gibbsita. Además en uno de los perfiles (P2) existe mineralización silícea (cuarzo), asociada a una zona de falla. El predominio en las saprolitas de silicatos arcillosos, esmectíticos y cloríticos permite clasificar estos perfiles lateríticos de tipo arcilloso.

Palabras clave: níquel; goethita; lateritas; Difracción de Rayos-X (DRX).

Mineralogical characterization of lateritic profiles of sector 048 in the Punta Gorda deposit, Holguín, Cuba

Abstract: Two lateritic profiles of the O48 sector of the Punta Gorda deposit, in Moa, Cuba, are mineralogically characterized, formed from basic and ultrabasic rocks belonging to the Moa-Baracoa ophiolitic massif; using X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF) and ordinary optical microscopy techniques. The results show the presence, in the saprolytic zone of these kaolinite-type clay profiles, together with smectites and chlorites (clinochlor) associated with lateritic horizons with Fe oxides: goethite and hematite, with gibbsite. In addition, in one of the profiles (P2) there is siliceous mineralization (quartz), associated with a fault zone. The predominance in the saprolites of clay, smectitic and chloritic silicates allows classifying these lateritic profiles of the clay type.

Key words: nickel; goethite; laterites; X-ray diffraction (XRD).

Introducción

Los depósitos lateríticos cubanos representan las mayores reservas de níquel en el Caribe (Dalvi y otros, 2004; Galí y otros, 2006). Estos yacimientos son mayoritariamente de tipo óxido (Brand y otros, 1998; Gleeson y otros, 2003; Aiglsperger y otros, 2016). El yacimiento Punta Gorda es uno de los principales (Figura 1), formado a partir de rocas básicas y ultrabásicas pertenecientes al macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Lavaut, 1998). Estos yacimientos lateríticos se caracterizan por ser menas oxidadas con potentes espesores de los horizontes de ocre que alcanzan valores de decenas de metros (Vera, 2001).

Estos perfiles lateríticos presentan en su parte inferior una zona silicatada, conocida como protolita, cuya base son cuerpos de rocas básicas y ultrabásicas serpentinizadas, asociadas a horizontes de saprolitas con diferentes grado de alteración de acuerdo a la intensidad de la meteorización que dan por resultados una corteza o regolito, con horizontes lateríticos, conocida como limonitas o zona laterítica, enriquecidos en óxidos de hierro mezclados con hidrosilicatos de Fe y Mg, que pueden contener metales de mucho interés económico como el Ni, Co, Mn, Al y Sc entre otros (Butt y Cluzel, 2013; Carballo y otros, 2018; Lavaut, 2018). En estos yacimientos pueden aparecer cuerpos de gabros que diferencian los productos finales que componen las lateritas.

El yacimiento Punta Gorda se encuentra dentro del municipio de Moa, ubicado en el extremo oriental de la provincia de Holguín, limitado al norte por el océano Atlántico, al sur lo separa los yacimientos Camarioca Norte y Camarioca Este, por el oeste el yacimiento Moa Oriental, y al este el yacimiento Yagrumaje Norte (figura 1).

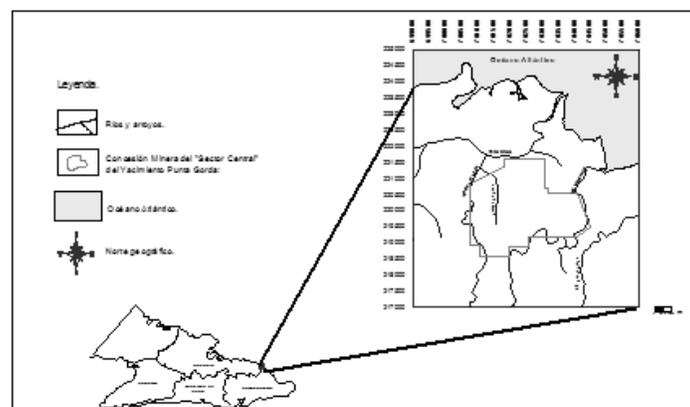


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del yacimiento Punta Gorda, Holguín, Cuba (según de Dios & Díaz, 2003).

Se plantea la problemática de conocer la composición mineralógica de dos perfiles lateríticos, ubicados en el sector de explotación minera O48 del yacimiento Punta Gorda, el cual ha sido evaluado como muestra tecnológica (Fernández, 2020) a utilizar como mena niquelífera en el proceso Caron de Moa. En la evaluación de esta muestra tecnológica se obtuvieron bajos valores de extractable de Ni, además de detectarse una significativa variabilidad en los componentes silicatados y oxidados de Fe y Mg, que no permiten una estabilidad en la calidad de la materia prima mineral laterítica.

El objetivo de este estudio es caracterizar mineralógica empleando técnicas de Difracción de rayos-X, de un perfil laterítico del Sector O48 en el yacimiento Punta Gorda, en el cual se han detectado en el material laterítico componentes mineralógicos con características físicas no habituales para estos tipos de mena niquelífera.

Características geológicas

Geológicamente el área de estudio se enmarca al nordeste oriental de Cuba, localizado en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (figura 2); se caracteriza por la presencia de las secuencias del cinturón plegado cubano y las rocas del "neoaútctono" (Iturralde-Vinent, 1996, 1998; Proenza y otros, 2010). En los macizos rocosos de Mayarí y Sagua-Moa-Baracoa afloran fundamentalmente unidades oceánicas correspondientes a las ofiolitas septentrionales y a los arcos de islas volcánicos del Cretácico y del Paleógeno (Quintas, 1989; Cobiella, 2000).

En la región de estudio se pueden reconocer seis unidades tectónico-estratigráficas (UTE) principales (Iturralde-Vinent, 1998):

1. Rocas de afinidad ofiolíticas.
2. Materiales volcánicos vulcano-sedimentarios asociados al arco de islas Cretácico.
3. Materiales asociados a cuencas transportadas del Campanéense Tardío al Daniense.
4. Rocas volcánicas y vulcano-sedimentarias pertenecientes al arco de islas del Terciario.
5. Materiales asociados a cuencas transportadas del Eoceno Medio al Oligoceno.
6. Materiales asociados a un estadio neoplatafórmico—neoaútctono desde el Oligoceno a la actualidad.

De ellas, son de interés para el presente trabajo las rocas de afinidad ofiolíticas, componente del complejo del cinturón ofiolítico Moa-Baracoa, que constituyen básicamente el protolito de estas cortezas de meteorización. Aunque cabe señalar, que pueden estar presentes en determinados sectores de explotación minera, rocas de las otras unidades, de acuerdo al desarrollo geológico de la región y la incidencia de otros factores (tectónicos, litológicos, clima y geomorfología).

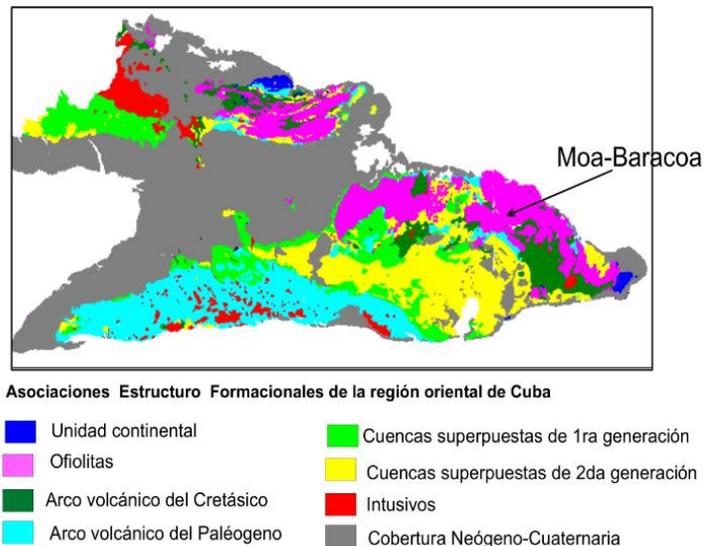


Figura 2. Mapa geológico de la región oriental de Cuba (Iturralde-Vinent, 1996).

El yacimiento Punta Gorda inició su minería en 1985 y actualmente se encuentra en operación, aunque sus menas están en franco agotamiento, sus remanentes ocupan principalmente la zona periférica del yacimiento.

Agüeenko y otros (1973) describen tres grandes conjuntos litológicos: el basamento, la corteza de meteorización laterítica y lateritas redepositadas (lateritas sedimentarias) según Lavaut (2003).

En el basamento se revela una alta complejidad tectónica y mediana complejidad litológica, donde predomina la peridotita con diferentes niveles de serpentización.

La corteza de meteorización está desarrollada principalmente sobre peridotitas de tipo harzburgitas, que ocupan la mayor parte del yacimiento y por material friable redepositado, que es menos frecuente, el yacimiento es del tipo laterítico saprolítico o de perfil completo según Lavaut (2003).

Los redepósitos están presentes hacia el norte y el este con una distribución discontinua (Aleojin, y otros, 1977; Bergues y otros, 1987). Tuvieron su fuente de suministro en terrenos donde existió una corteza friable desarrollada, lo que determinó que las litologías presentes en este conjunto tengan alguna semejanza a las capas componentes del perfil friable.

Uno de los sectores más interesantes de este yacimiento, de acuerdo a los estudios de Terrero (2010) y Fernández (2020) lo constituye el sector de estudio O48, localizado en la parte septentrional de este yacimiento, pues presenta perfiles lateríticos con bajos contenidos de Ni y Co, compuestos por materiales de arcillosos y de otro tipo.

Materiales y métodos

Se estudiaron las muestras denominadas: CS1, CS2, CS3, CS4 y CS5 de la corteza de intemperismo de dos perfiles lateríticos: P1 y P2, (Figura 3) pertenecientes al sector O48 del yacimiento Punta Gorda, descritas por Terrero (2010), y se ha tenido en cuenta en la nomenclatura utilizada lo expresado por Lavaut (2018). En estos perfiles, en sentido vertical, se reconocen, en la parte baja horizontes arcillosos (de color blanco, grano fino y con cierta plasticidad, para el perfil P1, además de material verdoso claro, mezclado con óxidos de hierro, en el perfil P2). Hacia la parte superior, transicionan a horizontes de lateritas con colores que varían de amarillentas a roja oscura de grano fino a grueso; a lateritas de gris claro a un marrón oscuro con una granulometría gruesa (para el perfil P1).

Ellos exhiben diferentes potencias de los horizontes lateríticos de acuerdo a la intensidad de la meteorización.

Resulta significativo en estos perfiles la presencia de arcillas y otros silicatados, producto de la meteorización de este cuerpo, al parecer atípico, dentro del contexto litológico ultrabásico que sirve de base protolítica en este sector del yacimiento.

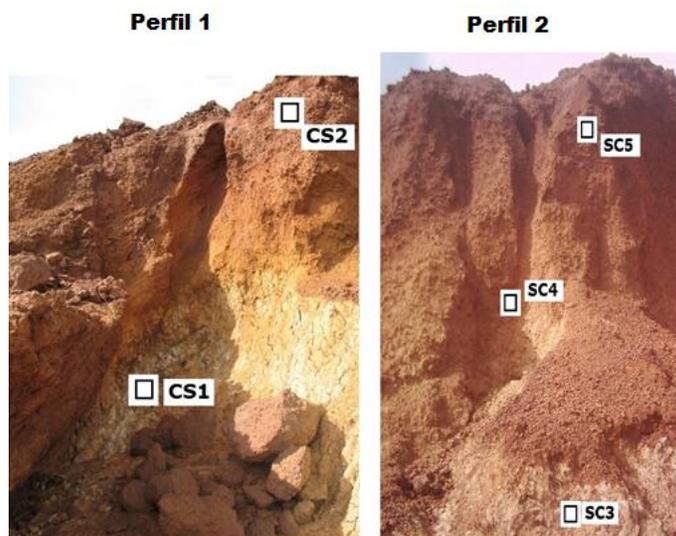


Figura 3. Perfiles lateríticos de estudio del sector O48 del yacimiento Punta Gorda.

Métodos de investigación

En las determinaciones químicas se empleó un espectrómetro secuencial de Florescencia de Rayos X, (FRX), Phillips PW 1480 utilizando radiación de rayos X con Rn tipo PW2182/00, con un régimen de 3000w y 100Kv al vacío con colimador fino.

Para las determinaciones mineralógicas se empleó la microscopía óptica ordinaria con un microscopio binocular tipo TECHNIVAL, modelo AXIOLAB POL de la CARL ZEISS, valorándose las características físicas más sobresalientes de las muestras. Y como técnica analítica principal la Difracción de Rayos-X (DRX), según método policristalino, utilizando el difractómetro PHILIPS, modelo PW 3710, con radiación de Cu. En el proceso de lectura e interpretación de los difractogramas se empleó los *softwares* APD (PHILIPS) y el *Xpert HighScore 1b*, 2002, con la base de datos de la ICDD (*Internacional Center for Diffraction Data*) de 1998.

Resultados obtenidos

Composición química de las muestras

Perfil 1

La muestra CS1, contiene altos contenidos de SiO₂ con 36,8 %, Al₂O₃ con 20,13 %, MgO con 3,44 % y valores muy bajos de CoO con 0,02 % y MnO con 0,01 %.

La muestra CS2 está ubicada en la parte superior del perfil, en la zona laterítica del sector O48, contiene altos contenidos de Fe_2O_3 con 64,88 %, con Al_2O_3 11,61% y valores muy bajos de MnO con 0,24 % y CoO con 0,07 %.

Tabla 1. Composición química de las muestras de perfiles lateríticos en el sector O48 del yacimiento Punta Gorda

| Muestra | Componente/contenido en %. | | | | | | | |
|---------|----------------------------|------|-------------------------|----------------|-------------|-------------------------|------|-------------------------|
| | NiO | CoO | Fe_2O_3 | SiO_2 | MgO | Cr_2O_3 | MnO | Al_2O_3 |
| CS1 | 0,69 | 0,02 | 5,57 | 36,8 | 3,44 | 0,85 | 0,01 | 20,13 |
| CS2 | 0,57 | 0,07 | 64,88 | 8,2 | 0,55 | 2,18 | 0,23 | 11,61 |
| CS3 | 0,36 | 0,00 | 4,86 | 39,7 | 1,27 | 0,63 | 0,00 | 22,27 |
| CS4 | 0,27 | 0,00 | 8,43 | 40,6 | 1,34 | 0,85 | 0,00 | 20,53 |
| CS5 | 0,48 | 0,07 | 51,87 | 8,8 | 0,51 | 3,13 | 0,36 | 18,33 |

Perfil 2

La muestra CS3 esta ubicada en la parte inferior del perfil, contiene altos valores de SiO_2 con 39,7 %, Al_2O_3 con 22,27 % y muy bajos de NiO con 0,36 %, y con ausencia de CoO y MnO .

La muestra CS4 está ubicada en la parte media del perfil, contiene altos valores de SiO_2 con 40,6 %, Al_2O_3 con 20,55 % y muy bajos de MgO con 1,34 %.

Finalmente, la muestra CS5 está ubicada en la parte superior de la zona laterítica del perfil P2, contiene altos contenidos de Fe_2O_3 con 51,87 %, Al_2O_3 con 18,33 %, Cr_2O_3 con 3,13 % y valores muy bajos de MnO con 0,36 % y CoO con 0,07%.

Composición mineralógica por DRX de las muestras

Las determinaciones mineralógicas por DRX, de las muestras representativas de perfiles lateríticos del sector O48 de Punta Gorda, permitió conocer la presencia de los principales minerales presentes para cada uno de los horizontes que componen estos perfiles P1 y P2.

Muestra CS1

Una muestra localizada en la parte inferior del perfil P1, de color blanco predominante, con buena plasticidad; se observan además granos verde claro, con brillo anacarado y buen clivaje, mezclado en el material arcilloso. Está compuesta según la DRX por caolinita como mineral principal, con altos contenidos de SiO_2 (36,8 %) y Al_2O_3 (20,13

%). Además, de forma secundaria están presentes talco, de ahí el 3,44 % de MgO y la esmectita tipo saponita. Es una muestra arcillosa con bajo contenido de NiO, al parecer formada a partir de un cuerpo de gabro.

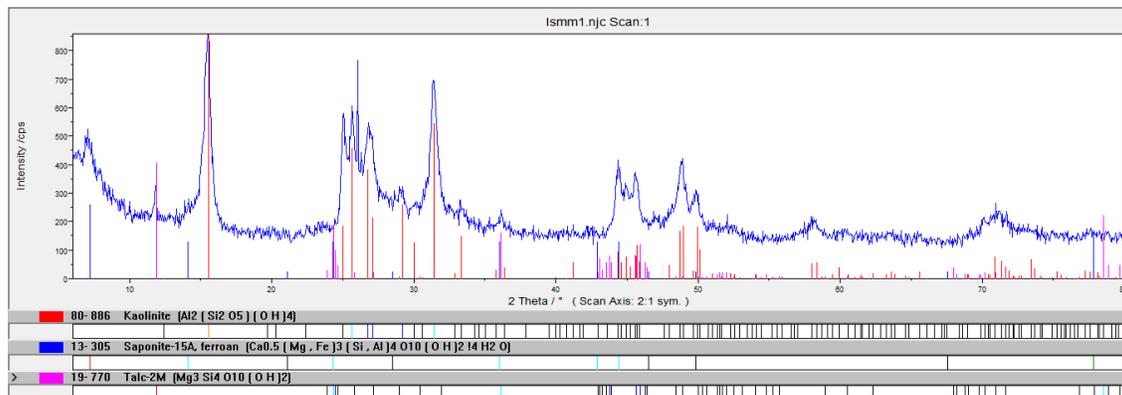


Figura 4. Difractograma de Rayos-X de la muestra CS1.

Muestra CS2

Esta se localizada en la parte superior del perfil P1, tiene una porción amarillo-parduzca (goethítica) y otra rojo-marrón oscura de granos más gruesos, propios de las concreciones de óxidos de Fe, que al parecer puede ser una hematita oolítica. Está compuesta, según la DRX por goethita como mineral principal, con altos contenidos de Fe₂O₃ (64,88 %), justificando la presencia de la hematita de forma secundaria. Además de caolinita (con 11,61 de Al₂O₃), mezclada en poca cantidad. Es una muestra laterítica, típica de los horizontes superiores de estos perfiles, asociada a un horizonte arcilloso subyacente, con bajo contenido de NiO (0,57 %).

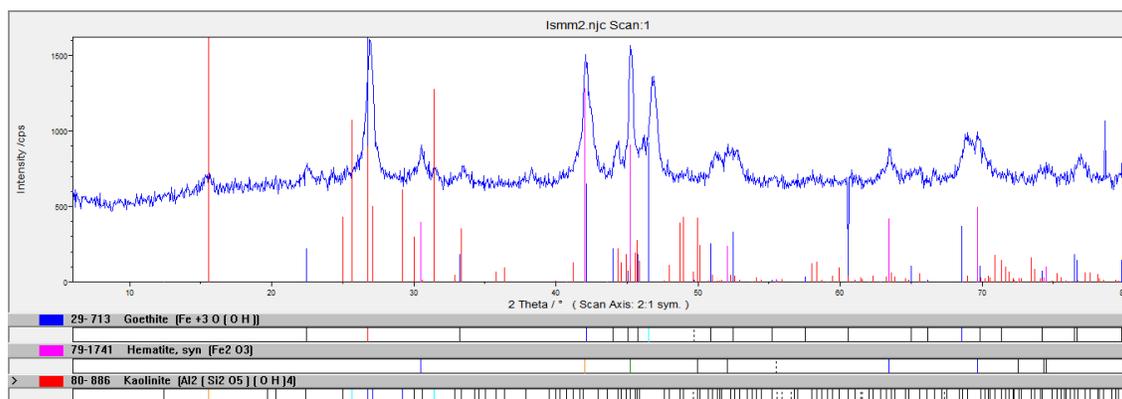


Figura 5. Difractograma de Rayos-X de la muestra CS2.

Muestra CS3

Esta se localizada en la parte inferior del perfil P2, de coloración blanca predominante, con buena plasticidad; se observan además, subordinadamente granos de aspecto prismático, en ocasiones masivos con formas irregulares, brillo vitreo y duros, típico del cuarzo, y un material verde-claro, que forma como una pasta con la humedad (como las cloritas). Según la DRX, esta muestra está compuesta principalmente por caolinita, de ahí los altos contenidos de SiO_2 (39,7 %) y Al_2O_3 (22,27 %). Además de forma secundaria están presentes el cuarzo y la clorita, tipo clinocloro. Es una muestra arcillosa con bajo contenido de NiO (0,36 %), asociada a la parte baja del perfil contiguo P1, pero con sílice y clorita.

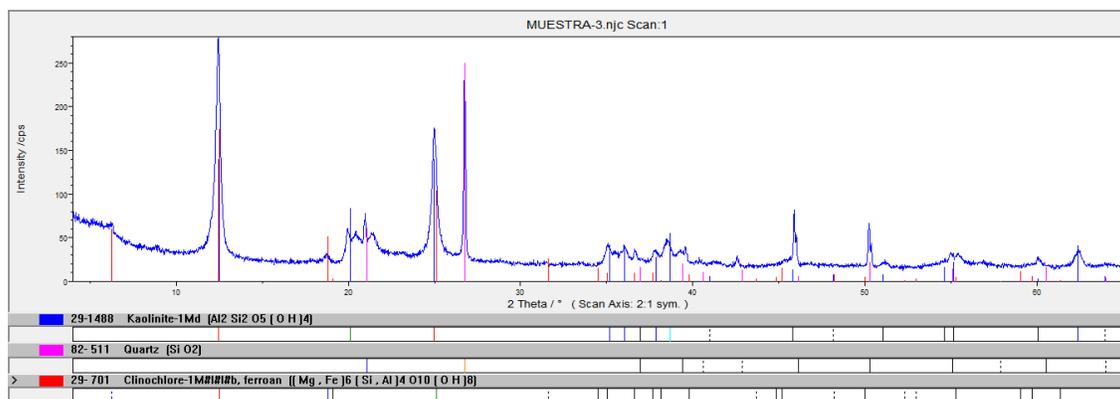


Figura 6. Difractograma de Rayos-X de la muestra CS3.

Muestra CS4

Esta se localizada en la parte media superior del perfil P2, de coloración blanco-rojiza, al existir la mezcla de componente arcilloso y óxidos de Fe; se observa además material siliceo, como cuarzo. Está compuesta según la DRX por caolinita como mineral principal, con altos contenidos de SiO_2 (40,6 %) y Al_2O_3 (20,53 %). Además de forma secundaria están presentes goethita y hematita; conjuntamente con cuarzo. Es una muestra arcillosa con mezcla de óxidos de Fe y cuarzo, con muy bajo contenido de NiO, al parecer asociada a mineralización silicea en una zona de fracturación tectónica.

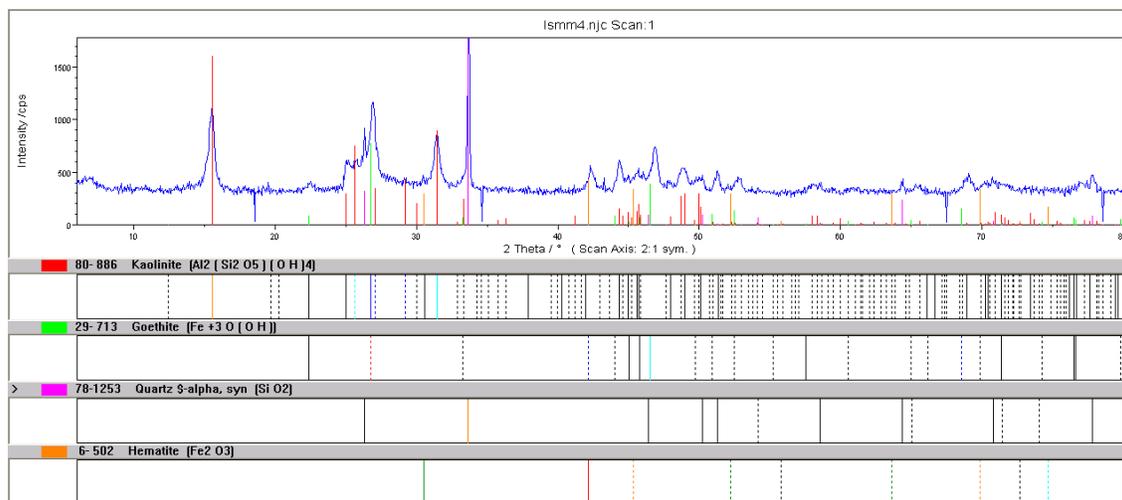


Figura 7. Difractograma de Rayos-X de la muestra CS4.

Muestra CS5

Esta se localizada en la parte superior del perfil P2, de color rojo-marrón oscuro, con granos gruesos de material ferroso (concreciones de óxidos de Fe). Está compuesta, según la DRX por goethita como mineral principal, con altos contenidos de Fe_2O_3 (51,87 %), con hematita. Además con cierto contenido de caolinita (con 18,33 de Al_2O_3), mezclada en poca cantidad con gibbsita. Es una muestra laterítica, de los horizontes superiores, con cierto contenido de cromo (3,13 % de Cr_2O_3), asociada a un horizonte arcilloso-clorítico subyacente, con bajo contenido de NiO (0,48 %).

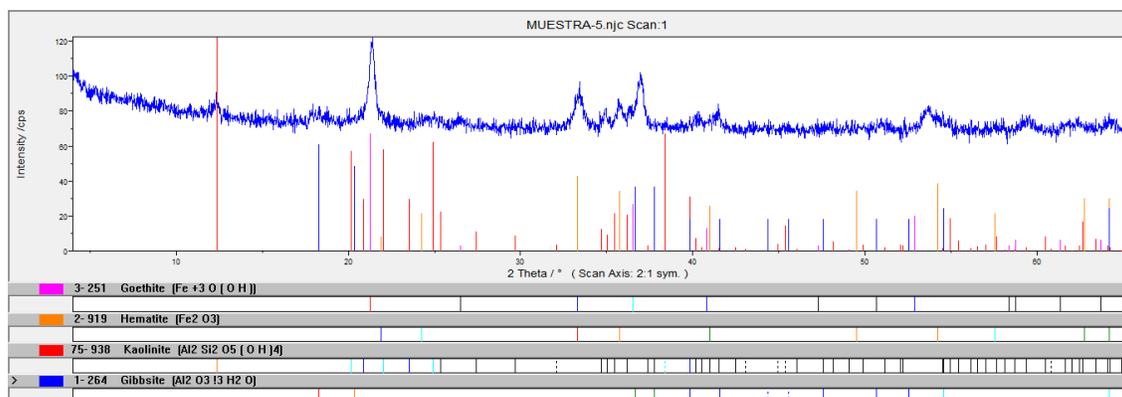


Figura 8. Difractograma de Rayos-X de la muestra CS5.

Próxima al perfil P2, se han encontrados muestras de sílice, como el cuarzo (Figura 9), mezclado con material arcilloso y óxidos de Fe, en estos perfiles lateríticos, que indica la ocurrencia de mineralización silíceas, asociada a una zona de fractura en este sector.



Figura 9. Muestra de cuarzo de aspecto irregular, mezclada con material arcilloso y óxidos de hierro, en el sector O48.

Estos resultados mineralógicos que muestran la presencia, en la zona saprolítica, de arcillas tipo caolinita, junto con esmectitas y cloritas (clinocloro) asociadas a los óxidos de Fe: goethita y hematita, con gibbsita, de los horizontes lateríticos; permiten clasificar estos perfiles lateríticos de tipo arcilloso, de acuerdo a la clasificación de Brand y otros (1998); Gleeson y otros (2003). Además, sugieren que la roca madre a partir de la cual se ha desarrollado esta corteza de meteorización es de peridotitas serpentinizadas, con intercalaciones de cuerpos de gabros, o rocas más básicas.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, se pudieron establecer los siguientes conclusivos, para estos perfiles lateríticos del sector O48 del yacimiento Punta Gorda, en Moa:

El perfil P1 es un perfil laterítico de tipo arcilloso, compuesto en su zona inferior silicatada, saprolítica, esencialmente por caolinita, con esmectita y talco. En tanto en la zona laterítica superior, predominan los óxidos de Fe: goethita y hematita.

El perfil P2 es un perfil laterítico de tipo arcilloso, compuesto en su zona inferior silicatada, saprolítica, esencialmente por caolinita, teniendo como silicato secundario a la clorita, tipo clinocloro, además para esta zona es significativo la presencia de cuarzo. En tanto en la zona laterítica superior, predominan los óxidos de Fe: goethita y hematita, con gibbsita.

La presencia de material silíceo, básicamente cuarzo, se localiza principalmente en la zona de fracturación del perfil P2; lo que evidencia la ocurrencia de procesos de mineralización silícea hidrotermal, asociada a procesos tectónicos.

Referencias bibliográficas

- AGÜEENKO, N.; KERESLIDZE, V.; KASLIKOV, G.; GERASIMOV, E. Y SCHULZENKO, V. 1973. *Informe de los trabajos de exploración geológica efectuados en el yacimiento Punta Gorda años 1969-1972*. Archivo Técnico de la Empresa Niquelífera Che Guevara. Moa, 391 p.
- AGILSPERGER, T.; PROENZA, J.A.; LEWIS, J.F.; LABRADOR, M.; SVOJTKA, M.; ROJAS-PURÓN, A.; LONGO, F.; ĐURIŠOVÁ, J. 2016. Critical metals (REE, Sc, PGE) in Ni laterites from Cuba and the Dominican Republic. *Ore Geology Reviews* 73: 127–147. Disponible en: doi:10.1016/j.oregeorev.2015.10.010.
- ALEOJIN V; FESENKO G; ALMAGUER A; KRATSOVA T; 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, inventario 2874. Oficina Nacional de Recursos Minerales ONRM. La Habana, Cuba, 388 p.
- BERGUES, P. S.; RODRÍGUEZ, A. Y ORTIZ, M. 1987. Informe de la exploración orientativa y detallada de los yacimientos ferroníquelíferos cobálticos de la región de Moa, en los sectores Punta Gorda. Moa Oriental y Yagrumaje Oeste. Años 1981-1985. Geominera oriente. Inventario No. 3558, ONRM.
- BRAND, N.W.; BUTT, C. R. M., ELIAS, M. 1998. Nickel laterites. Classification and features. *AGSO. Journal of Australian Geology and Geophysics* 17: 81-88.
- BUTT, C. R. M., CLUZEL, D., 2013. Nickel laterite ore deposits: weathered serpentinites. *Elements* 9, 123–128. Chakhmouradian, A.R., Wall.
- CARBALLO, A; MUÑOZ-GÓMEZ, N.; OROZCO-MELGAR, O. & ROJAS-PURÓN, A. 2018. Geological and economic criteria about the existence of scandium in the lateritic. *Minería y Geología* 34(4): 371-383.

- COBIELLA, J. L. 2000. Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba. *International Geology Review* 42(7): 594-616.
- DALVI, D.; GORDON BACON, W. & OSBORNE, R. C. 2004: The Past and the Future of Nickel Laterites. PDAC 2004. International Convention. Trade Show & Investors Exchange. March 7-10.
- DE DIOS, D. & DÍAZ, R. 2003. Distribución y clasificación de las intercalaciones en el yacimiento laterítico ferroniquelífero Punta Gorda, Moa, Cuba. *Minería y Geología* 19(3-4): 16
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, L. 2020. Modelo de la distribución espacial del material amenífero en la base minera de la Empresa del Níquel Ernesto Che Guevara. Tesis Doctoral Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa. 100 pp.
- GALÍ, S., PROENZA, J. A., LABRADOR, M. MELGAREJO, J. C., TAULER, E., MUÑOZ-GÓMEZ, N., ROJAS-PURÓN, A., OROZCO-MELGAR, O. 2006: Caracterización mineralógica de los perfiles laterítico tipo óxido: yacimiento Punta Gorda (Cuba Oriental). *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 6: 197-199.
- GLEESON, S. A.; BUTT C. R. M.; ELIAS, M. 2003: Nickel laterites: A Review. *SEG Newsletter* 54, 11-18.
- ITURRALDE-VINENT, M. A. 1996. *Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba*. Project 364 Caribbean Ophiolites and Volcanic Arcs, Special Contribution No. 1. PIGCP, UNESCO, Miami, USA. 253 p.
- ITURRALDE-VINENT, M. A. 1998. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta geológica hispánica* 33(1): 9-56.
- LAVAUT, W. 2018 *Geological Classification for the Rocks of Weathering*. Petroleum Science and Engineering, New York (USA), 2(1): 1-6.
- LAVAUT, W. 1998: Tendencias geológicas del intemperismo de las rocas ultramáficas en Cuba oriental. *Minería y Geología* 15(1): 9-16.

- PROENZA J. A.; ROQUE, J.; LABRADOR M; GALÍ; TAULER E; GALLARDO T; LEWIS J. F. Y LONGO F. 2010. Mineralizaciones de Co en los depósitos lateríticos de Ni tipo Óxido y Silicato Hidratado. *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 13: 2.
- QUINTAS, F. 1988. Formación Micara en Yumurí Arriba, Baracoa. Clave para la interpretación de la geología histórica prepalocencia de Cuba Oriental. Segunda parte. *Minería & Geología* 6(1): 3-16.
- TERRERO, J. 2010. Caracterización geoquímica y mineralógica del cuerpo silicatado en el sector septentrional del yacimiento Punta Gorda. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.
- VERA L. O. 2001. Procedimiento para la determinación de las redes racionales de exploración de los yacimientos lateríticos de níquel y cobalto en la región de Moa. Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.