

Análisis petrográfico y mineragráfico de las rocas del yacimiento de arcillas caoliníticas Dumañuecos

Petrographic and mineragraphic analysis of Dumañuecos deposit of kaolinitic clays

Angel Eduardo Espinosa-Borges^{1*}, Luis Alberto Pérez-García¹, Carlos Alberto Leyva-Rodríguez¹, Yosvani Cruz-Ramírez¹, René Yasmany Cobas-Torres², Mercedes Torres-La Rosa², Graciela Aguirre-Guillot²

¹Universidad de Moa, Holguín, Cuba

²Instituto de Geología y Paleontología, La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: aeborges@ismm.edu.cu

Resumen

Las arcillas caoliníticas tienen amplias perspectivas en la producción de cemento y como fuente de materiales puzolánicos. Este estudio se enfocó al análisis petrográfico y mineragráfico del yacimiento de arcillas caoliníticas Dumañuecos, del municipio de Manatí, provincia de Las Tunas. En la caracterización petrográfica y mineragráfica de las rocas se empleó la microscopía de luz polarizada y de luz reflejada. El análisis petrográfico reveló la presencia de cuarzo, feldespatos y turmalinas; así como el predominio de las texturas granoblásticas y la cataclástica. Se estableció, mediante el análisis mineragráfico, que la asociación mineralógica principal es cuarzo + hematita + goethita + pirita y predominan las texturas de cemento y zonal. La ocurrencia de esférulas de feldespato con estructura interna fibroso-radial y huellas de fenocristales de feldespatos indican la posibilidad de que la roca madre del yacimiento sea una lava de composición riolítica.

Palabras clave: análisis petrográfico; análisis mineragráfico; arcillas caoliníticas; yacimiento Dumañuecos; procesos hidrotermales.

Abstract

Kaolinitic clays have broad prospects in cement production and as a source of pozzolanic materials. The present paper focused on the petrographic and mineragraphic analysis of the Dumañuecos kaolinitic clay deposit, in the

municipality of Manatí, Las Tunas province. In the petrographic and mineragraphic characterization of the rocks, polarized light and reflected light microscopy were used. Petrographic analysis revealed the presence of quartz, feldspars and tourmalines; as well as the predominance of granoblastic and cataclastic textures. It was established, through mineragraphic analysis, that the main mineralogical association is quartz + hematite + goethite + pyrite and cement and zonal textures predominate. The occurrence of feldspar spherules with a fibrous-radial internal structure and traces of feldspar phenocrysts indicate the possibility that the source rock of the reservoir is lava with a rhyolitic composition.

Keywords: petrographic analysis; mineragraphic analysis; kaolinitic clays; Dumañuecos field; hydrothermal processes.

1. INTRODUCCIÓN

En Cuba hay un gran número de depósitos minerales del grupo del caolín diseminados por todo el territorio nacional, entre los que se destacan: Río del Callejón, Pino, Toño, Brooklyn y Santa Isabel en la zona occidental; Hortensia, Pontezuela, Gaspar y Bañadero en la zona Central y Dumañuecos, Mir, Caisimú, El Cobre y Cayo Guam en la zona oriental (Rodríguez-Acosta, Rodríguez-Suárez y Hernández-Flores 2017; Martín-Cortés, Theodoro-Hennies y Valenzuela-Díaz 2005).

Los principales yacimientos de arcillas caoliníticas en la región centro-oriental de Cuba están relacionados con la Formación Caobilla y tienen origen hidrotermal (Cortés et al. 2004); ese es el caso de Gaspar, Pontezuela, Mir, Dumañuecos y Caisimú. Muchos de estos yacimientos, y en particular Dumañuecos, en el pasado fueron explotados parcialmente con fines cerámicos, por lo que se conoce de la existencia de elevados volúmenes de arcillas caoliníticas. Se ha determinado que las arcillas de Dumañuecos presentan contenidos favorables de caolín para la producción de cemento de bajo carbono (LC3) (Espinosa-Borges *et al.* 2019) y representan una atractiva alternativa como una nueva fuente de materiales puzolánicos (Alujas-Díaz 2010).

Las rocas de la asociación vulcano-plutónica calcoalcalina de arco de islas, de edad Albiense-Campaniense medio, afloran extensamente en Cuba (Iturralde-Vinent 1994; Iturralde-Vinent 1998). La actividad volcánica de la región Ciego de Ávila-Camagüey-Las Tunas representa el desarrollo de una secuencia alcalino sódica-potásica (Talavera-Coronel *et al.* 1986). La parte inferior representa la etapa inicial de desarrollo del arco y está caracterizada

por la efusión de lavas básicas y medio-básicas con tendencia subalcalina (Echevarria *et al.* 1986).

Las rocas del yacimiento Dumañuecos pertenecen a las series inferiores y superiores del arco volcánico del Aptiano-Campaniano, las cuales están representadas por el complejo de las rocas efusivas de composición intermedia y básica (Hevia-Delgado 1983). Una característica típica de esta región es la presencia de intrusiones ácidas de granitos (Martín-Cortés, Theodoro-Hennies y Valenzuela-Díaz 2005). En los alrededores de las rocas intrusivas se observan formaciones sedimentarias y vulcanógeno-sedimentarias del Mioceno (Brace *et al.* 1996).

En esta área se desarrolla la formación Caobilla, que está constituida por una secuencia vulcanógeno-sedimentaria donde predominan las variedades ácidas (dacita, riodacita y riolita) calcoalcalinas, las variedades medias incluyen andesitas (Batista 2011; De Huelbes 2013). Las rocas de esta unidad varían desde andesíticas hasta riolíticas con pocos representantes más básicos y predominio de las dacitas (Milian *et al.* 2001). Como regla, presenta intensa alteración hidrotermal-metasomática, sinvolcánica y vinculada al contacto del intrusivo (Iturrealde-Vinent 1996). Durante los años de explotación se demostró que se trata de una faja de riolitas alteradas por soluciones hidrotermales (Haslar 1971).

La geología del yacimiento Dumañuecos ha sido estudiada por varios geólogos en el pasado (ONRM 1965; 1969; 1983; 1984; 1989), pero los trabajos principales están, desafortunadamente, inéditos. En los últimos años ha cobrado auge el estudio de este yacimiento por las nuevas perspectivas que representa la implementación del cemento de bajo carbono en el territorio (Espinosa-Borges *et al.* 2019). Es una deuda pendiente el estudio mineragráfico y petrológico de las rocas de este yacimiento por lo que se desarrolla este estudio como un acercamiento preliminar a las características de estas rocas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El yacimiento de caolín Dumañuecos está ubicado en el poblado homónimo del municipio de Manatí, en la parte septentrional de la provincia Las Tunas. La investigación estuvo dividida en cuatro etapas fundamentales; en la primera, se realizó una revisión bibliográfica de todos los materiales recopilados. La segunda etapa se dedicó a los trabajos de campo y muestreo, para esto último se utilizó el método de surco. En la tercera etapa se seleccionaron y prepararon las muestras para el análisis petrográfico y mineragráfico. En la última etapa se procedió al análisis y discusión de los resultados obtenidos.

2.1. Trabajo de Campo

Los trabajos de campo estuvieron orientados por la información recopilada durante la revisión bibliográfica. Además, se realizó la toma y transportación de las muestras para su posterior preparación para su análisis. Por último se documentaron las muestras recolectadas mediante el método de fragmentos de roca.

2.2. Trabajo de laboratorio

2.2.1. Análisis petrográfico

Las secciones delgadas se acondicionaron en el Laboratorio de Preparación de Muestras del Instituto de Geología y Paleontología. Para el análisis petrográfico de las muestras se empleó el microscopio de luz polarizada tipo AXIO Lab. A1 de la ZEISS en el Instituto de Geología y Paleontología. Además, se empleó un microscopio de luz polarizada, marca Novel de fabricación china, con cuatro aumentos (4x, 10x, 20x y 40x). Para la interpretación de las secciones delgadas se utilizaron los rasgos texturales de las rocas.

2.2.2. Análisis minerográfico

Las descripciones minerográficas fueron realizadas en el laboratorio de microscopía de menas de la Universidad de Moa. Para ello se empleó el microscopio de luz reflejada tipo JENALAB POL de la CARLZEISS con aumentos 10, 50 y 200 micrones. Las secciones pulidas fueron realizadas en los laboratorios de preparación de muestras de la Universidad de Moa y el Instituto de Geología y Paleontología.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización del área

En la actualidad la cantera del yacimiento Dumañuecos se encuentra parcialmente inundada, lo que dificulta los trabajos de reconocimiento. En las paredes de esta cantera afloran las rocas a partir de las cuales se formaron las arcillas caoliníticas de este yacimiento (Figura 1). Estas rocas presentan un gran número de grietas producto de la actividad tectónica que se desarrolló en el área.



Figura 1. Afloramiento de las rocas del yacimiento Dumañuecos. Se observa el intenso agrietamiento y la alteración a que fueron expuestas.

Las rocas estuvieron expuestas a fluidos hidrotermales, lo que provocó su transformación parcial. Debido a las alteraciones desarrolladas en el área, la coloración de las rocas es muy variada, predominando los matices rojos asociados a los procesos de oxidación y llegando al blanco por un mayor grado de la caolinización. Se identificaron rocas con sulfuros alterados en su interior (Figura 2).



Figura 2. Muestra de roca con elevado grado de oxidación en su parte exterior y presencia de mineralización sulfurosa (Sulf) alterada en su interior.

En los alrededores de la cantera se detectaron bloques tectonizados. Una característica muy peculiar de estas rocas es la ocurrencia de estructuras bandeada-concéntricas (Figura 3) en forma de anillos o figuras de Liessengang.



Figura 3. Estructura bandeada-concéntrica de óxidos de Fe en roca intensamente silicificada.

3.1.1. Descripción macroscópica

La muestra R-1 (Figura 4) macroscópicamente es una roca félsica de color crema y zonas enrojecidas por la formación de óxido de hierro. La fractura de esta roca es irregular, es densa, compacta y no es deleznable. La muestra no reacciona al ácido clorhídrico y no presentó características magnéticas. Presenta una estructura masiva y es leucocrática.



Figura 4. Muestra R-1.

La muestra S-2 macroscópicamente es una roca fragmentaria (brecha tectónica), constituida por fragmentos angulosos de roca de tamaño superior a 1 cm y composición mineralógica similar a la muestra R-1. La coloración de esta roca es variada con fragmentos crema que se encuentran englobados por una masa pardo-rojiza desarrollada por la formación de óxidos e hidróxidos de hierro (Figura 5). Esta roca es densa, compacta y no es deleznable. La muestra no reacciona al ácido clorhídrico y no presentó

características magnéticas. No se encontraron deformaciones ni recristalizaciones.

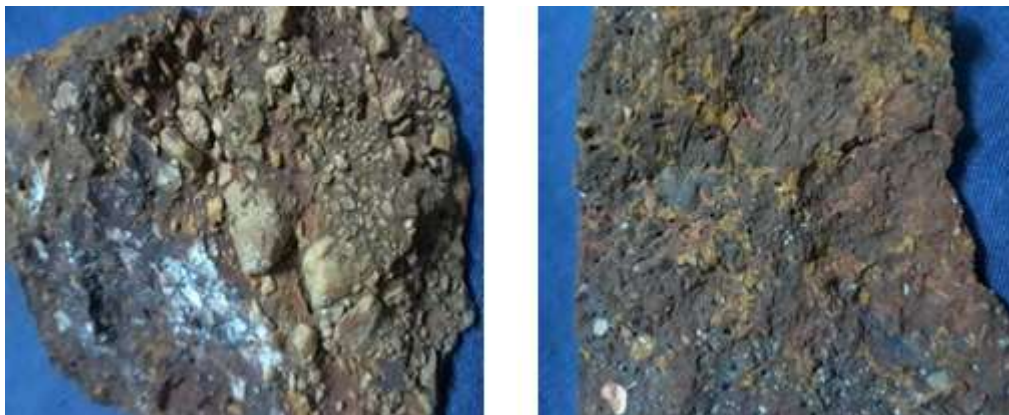


Figura 5. Muestra S-2.

3.1.2. Descripción petrográfica

Muestra R-1

Microscópicamente la muestra R-1 se caracteriza por una intensa silicificación, con alteraciones de cuarcificación y oxidación (Figura 6). La textura predominante es la granoblástica (Figura 6A), característica de las rocas que han sufrido metamorfismo térmico como en este caso, donde la roca ha sido el producto de la acción térmica de un cuerpo intrusivo de composición ácida sobre la roca encajante. La composición mineralógica fundamental es: cuarzo, óxido de hierro y granos metálicos irregulares.

La roca se encuentra totalmente silicificada con diferente grado de cristalización y agrietamiento, lo cual dificulta la determinación de la textura original, solo se observan escasos restos de esférulas de feldespato (Figuras 6B y 6C).

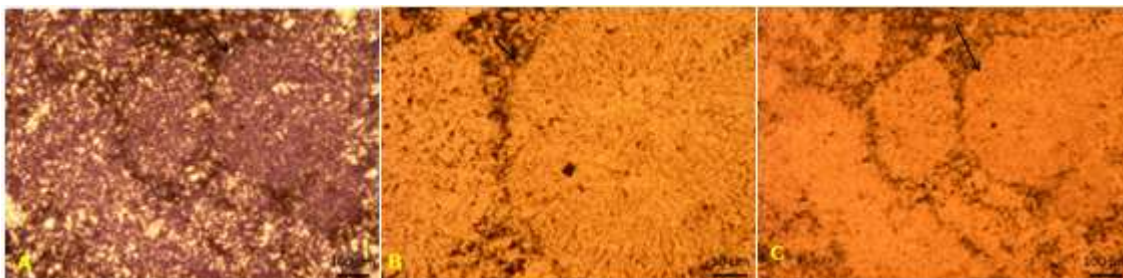


Figura 6. A) Muestra R-1. Nicoles cruzados. Roca silicificada. Obsérvese las esférulas y la cristalización fina a media; B) Muestra R-1. Nicoles paralelos. Estructura fibroso-radial en el interior de las esférulas; C) Muestra R-1. Nicoles paralelos. Roca silicificada. Obsérvese las esférulas bien delimitadas.

Muestra S-2

Microscópicamente la muestra S-2 se clasificó como una roca silicificada cataclastizada, denotando la acción tectónica que afectó el área. La textura de esta roca es cataclástica lo que es propio de rocas que han sufrido dinamometamorfismo. Se identifican fragmentos de la roca inicial triturada lo que indica que el proceso tectónico no fue intenso (Figura 7a y 7b).

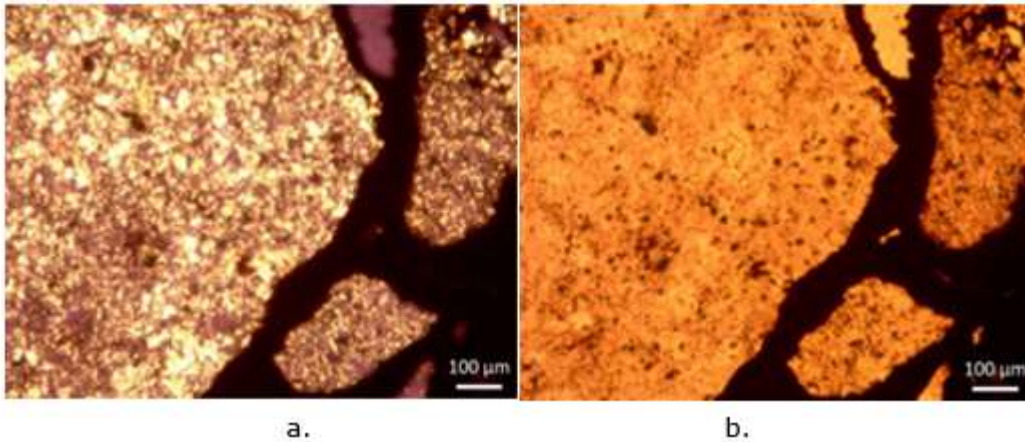


Figura 7a. Muestra S-2. Nícoles cruzados. Obsérvese los clastos silicificados, cementados por óxidos e hidróxidos de hierro. Figura 7b.: Muestra S-2 con Nícoles paralelos.

Esta muestra está constituida principalmente por fragmentos silíceos, óxidos e hidróxidos de hierro y escasos cristales de turmalina (Figuras 8a y 8b). Los cristales de turmalina son subhedrales y se presentan en forma de triángulos esféricos típico en las secciones transversales de este mineral. Además, se identificaron alteraciones por cuarcificación y oxidación. Guarda semejanza con la muestra R-1, pero se encuentra cataclastizada. Los fragmentos exhiben diferentes grados de cristalización y se encuentran cementados por óxidos e hidróxidos de hierro. Se observan huellas tabulares de posibles fenocristales dentro de esta masa silícea (Figura 9) y cristales de turmalina en los cuales se puede observar claramente las líneas de exfoliación según su eje *c* (Figura 8b). La roca originalmente pudo haber sido una lava de composición riolítica, al igual que la muestra R-1.

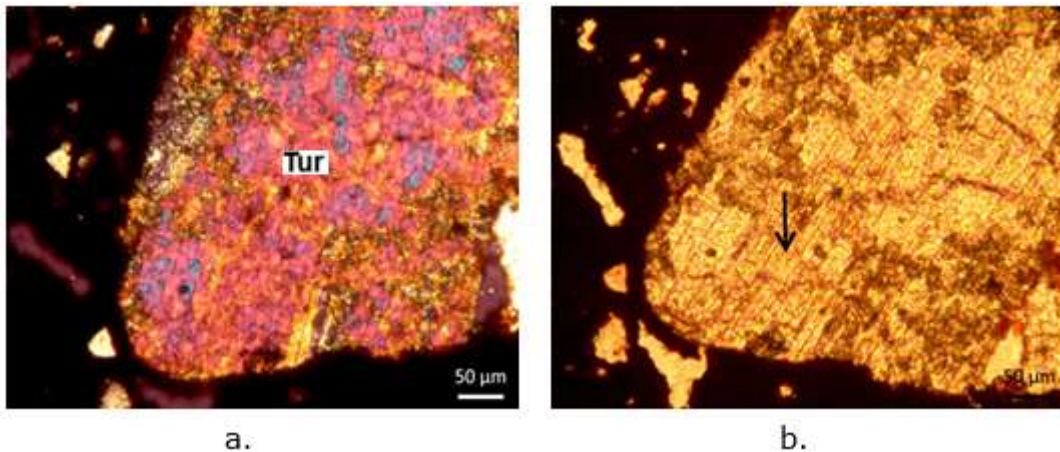


Figura 8a. Muestra S-2. Nicols cruzados Obsérvese turmalina cementada por óxido de hierro Figura 8b. Muestra S-2. Nicols paralelos. Obsérvese las líneas de exfoliación del cristal de turmalina.

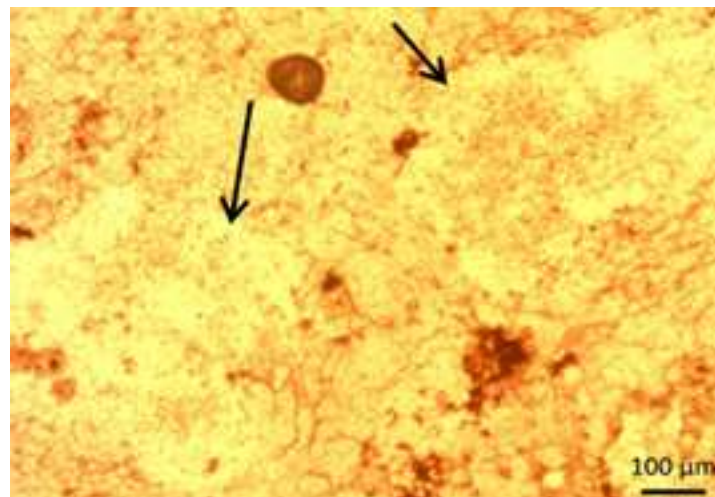


Figura 9. Muestra S-2. Nicols paralelos. Obsérvese las huellas de cristales tabulares de feldspatos en masa de cuarzo

3.1.3. Descripción minerográfica

La muestra R-1 presenta una mineralización representada por diseminaciones de óxidos e hidróxidos de hierro y pirita. La estructura predominante en la muestra es la diseminada. La roca está compuesta por hematita y goethita, que se pueden presentar en raras ocasiones en forma de granos; este comportamiento aplica además a los granos de pirita. La mineralización de hematita y goethita se desarrolla en forma de entrecrecimientos anhedrales diseminados en los minerales de ganga (Figura 10). Los granos de pirita son euhedrales y aparecen diseminados en la ganga con dimensiones que no exceden los 0,004 mm (Figura 11).



Figura 10. Entrecrecimiento anhedral de hematita-goethita (hm-goe) diseminado en la ganga (gan). Muestra R-1.

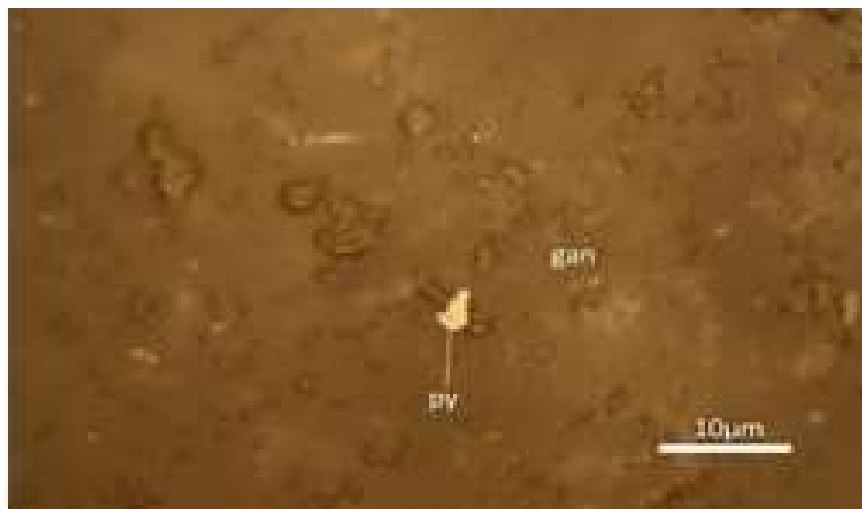


Figura 11. Cristal euhedral de pirita (py) diseminado en la ganga. Muestra R-1.

En la muestra S-2 se encuentra una mineralización representada por óxidos e hidróxidos de hierro. La estructura predominante en la muestra es la manchada. La roca está compuesta por un 45%-50% de hematita-goethita; además contiene pirita que puede presentarse en raras ocasiones en forma de granos.

La mineralización de hematita-goethita se presenta en forma de entrecrecimientos anhedrales que bordean los granos de minerales de ganga, formando una textura de cemento (Figura 12), en ocasiones forman una textura zonal (Figura 13). La mineralización de pirita presenta granos euhedrales que aparecen diseminados en la ganga con dimensiones no mayores de 0,004 mm (Figura 14).



Figura 12. Agregados anhedrales de hematita - goethita (hm-goe) bordeando los minerales de ganga, con textura de cemento. Muestra S-2

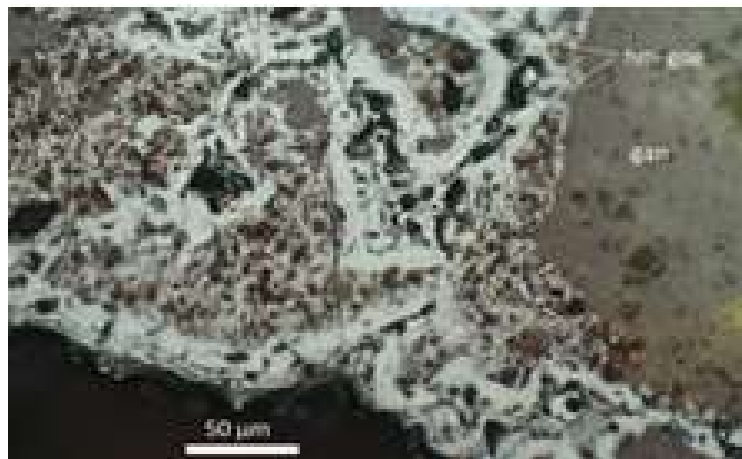


Figura 13. Agregados anhedrales de hematita - goethita (hm-goe) con textura zonal. Muestra S-2

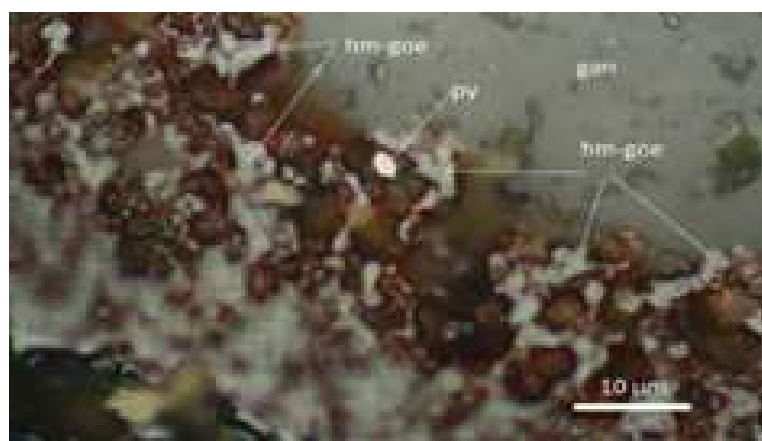


Figura 14. Cristal euhedral de pirita (py) conjuntamente con entrecrecimientos anhedrales de hematita-goethita (hm-goe) diseminados en la ganga (gan). Muestra S-2

4. DISCUSIÓN

La ocurrencia de esférulas de feldespato con estructura interna fibroso-radial y huellas de fenocristales de feldespatos en la muestra R-1 indica que estas se originaron partir de una lava de composición riolítica. El origen de dichas esférulas se atribuye a procesos de desvitrificación en condiciones de elevadas temperaturas (Lofgren 1971; McPhie, Doyle & Allen 1993) que pudieran haber sido favorecidas por el metamorfismo térmico. La intensa silicificación y cuarcificación de las rocas se relaciona con los procesos epitermales ocurridos en la zona debido a la acción de los fluidos hidrotermales vinculados con los cuerpos intrusivos ácidos.

El predominio de los procesos de silicificación y cuarcificación indica que los fluidos mineralizantes se caracterizaron por elevada acidez y baja temperatura; según Fournier (1985a; 1985b) y Rimstidt (1997) la solubilidad de la sílice es favorecida por el incremento de temperatura y pH. La presencia de sulfuros como la pirita y oxi-hidróxidos de Fe (hematita y goethita) indican condiciones de altas fugacidades de S_2 y O_2 (Frost 1991; 1984). La presencia de turmalina en la brecha, indica la participación de elementos volátiles afines a aguas hidrotermales de origen magmático, es también una evidencia que apunta a la intervención de aguas magmáticas en el sistema, relacionadas a las lavas riolíticas (Echeveste *et al.* 2016). Mientras que la presencia en el yacimiento de minerales tales como, zunyita y alunita (Espinosa-Borges *et al.* 2019) además de reafirmar el carácter ácido de las soluciones hidrotermales, también permite inferir que en algún momento los fluidos se caracterizaron por presentar temperaturas elevadas ya que la presencia de zunyita en sistemas geotermales indica rangos de temperaturas entre 240°C -280°C (Reyes 1990; Contreras 2013). La paragénesis de caolinita + cuarzo + alunita + zunyita + turmalina + pirita + hematita revela el desarrollo de una alteración argílica avanzada según la clasificación de Gifkins, Allen y McPhie's (2005).

El intenso grado de tectonismo de las rocas, expresado en la ocurrencia de texturas cataclásticas, ha favorecido aún más los procesos de alteración, al constituir vías de acceso para los fluidos mineralizantes. La textura granoblástica presente en la muestra R-1 y la ocurrencia de turmalinas en la muestra S-2 es resultado de dinamo-metamorfismo. La zonalidad observada en los agregados de hematita-goethita es resultado de cambios en las condiciones fisicoquímicas de mineralización con el tiempo, aspecto frecuente en mineralizaciones de relleno de cavidades (Craig & Vaughan 1994).

5. CONCLUSIONES

- La ocurrencia de esférulas de feldespato con estructura interna fibroso-radial y huellas de fenocristales de feldespatos indican que la roca primaria del yacimiento Dumañuecos fue una lava de composición riolítica.
- Mediante el análisis petrográfico se identificó la presencia de cuarzo, feldespatos y turmalinas, así como, el predominio de texturas granoblástica y la cataclástica.
- De acuerdo con los análisis minerográficos, la asociación mineralógica principal es: cuarzo + hematita + goethita + pirita con predominio de las texturas de cemento y zonal.
- Las rocas primarias del yacimiento se encuentran afectadas por intensos procesos de silicificación y cuarcificación con mineralización sulfurosa (pirita) acompañante, como resultado del tránsito de fluidos hidrotermales ácidos, de baja a alta temperatura y elevadas fugacidades de S_2 y O_2 .
- La zonalidad observada en los agregados de hematita-goethita se infiere como una respuesta a variaciones en las condiciones fisicoquímicas de mineralización con el tiempo, aspecto frecuente en mineralizaciones de relleno de cavidades.
- La paragénesis de caolinita + cuarzo + alunita + zunyita + turmalina + pirita + hematita indica el desarrollo de una alteración argílica avanzada.

6. AGRADECIMIENTO

Este trabajo se realizó gracias a la colaboración del Dr.C. Yurisley Valdés Mariño quien viabilizó la realización de las secciones delgadas y pulidas. Además, fue fundamental el apoyo de los colegas Ariesky Martínez Figueredo, Ramón Infante y Yanibey, de la Oficina Nacional de Recursos Minerales que colaboraron con información valiosa del yacimiento Dumñuecos. También fue valiosa la colaboración de los profesores Keilín Matos Pérez y Gerardo Orozco Melgar, ambos de la Universidad de Moa.

7. REFERENCIAS

Alujas, A.: *Obtención de un material puzolánico de alta reactividad a partir de la activación térmica de una fracción arcillosa multicomponente*. En: Martirena-Hernandez, J. F., Alujas-Díaz, A., & Amador-Hernandez, M. (Eds.) 2019. Proceedings of the International Conference of Sustainable

- Production and Use of Cement and Concrete: ICSPCC 2019 (Vol. 22). Springer. p.58
- Batista, R., 2011. *Rocas y minerales industriales de la República de Cuba*. La Habana, Cuba.
- Brace, T., Benham, W., Pimentel, H. Y Morel, R., 1996. Report of work on the Dumañuecos property, Camagüey area, East-Central Cuba.
- Contreras, A. 2013. Caracterización de la mineralogía de alteración hidrotermal en superficie del volcán Tacora y sus alrededores. Región de Arica y Parinacota, Universidad de Chile (Tesis de Diploma).
- Cortés, G.R.M., Kozievitch, V.F.J., Xavier, C., Hennies, W.T. Y Valenzuela, F.R., 2004. Propiedades cerámicas de caulins da República de Cuba. parte III. Caulim Dumañuecos, 8 pp.
- Craig, J.R. Y Vaughan, D.J., 1994. Ore Microscopy And Ore Petrography. Second Edi. Toronto: John Wiley & Sons, INC. ISBN ISBN 0-471-55175-9 (Acid-Free).
- De Huelbes, J., 2013. Léxico estratigráfico de Cuba. La Habana: Instituto de Geología y Paleontología.
- Echevarría, B., Talavera, C. F., Tchounev, D., & Iordanov, I. 1986. Petrografía y geoquímica de las vulcanitas de la región Guáimaro-Las Tunas (Cuba). *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 11/86 :27-35.
- Echeveste, H.J., López, L., Rodríguez, M.E. Y Recio, C., 2016. Alteración Hidrotermal en el Yacimiento Epitermal Manantial Espejo, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *Revista de la Asociacion Geologica Argentina*, 73(3) :369-387.
- Espinosa-Borges, A.E., Pérez-García, L.A., Leyva-Rodríguez, C.A., Almenares-Reyes, R.S. y Alujas-Díaz, A., 2019. Evaluación de las arcillas caoliníticas de las escombreras del yacimiento Dumañuecos para la producción de cemento de bajo carbono. Trabajo de diploma. Universidad de Moa.
- Fournier, R.O., 1985a. Carbonate transport and deposition in the epithermal environment, in: Berger, B.R., Bethke, P.M. (Eds.), *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Reviews in Economic Geology*, 2 :63-72.
- Fournier, R.O., 1985b. The behavior of silica in hydrothermal solution, in: Berger, B.R., Bethke, P.M. (Eds.), *Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Reviews in Economic Geology*, 2 :45-61.
- Frost, B.R., 1984. On the stability of sulfides, oxides, and native metals in serpentinite. *Journal of Petrology*, 26 :31-63.

- Frost, B.R., 1991. Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance. Oxide Minerals: Petrology and magnetic significance. *Journal of Petrology* [en línea], vol. 25. Disponible en: doi:doi.org/10.1515/9781501508684-004.
- Gifkins, C., Allen, R.L. Y Mcphie's, J., 2005. Apparent welding textures in altered pumice-rich rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 142 :29-47.
- Haslar, O., 1971. Informe del viaje oficial a Oriente en los días del 12 al 16 de mayo de 1971. Inédito
- Hevia-Delgado, L.F., 1983. Informe final de Exploración Complementaria en el yacimiento de caolín Dumañuecos. Prov. Las Tunas. Inédito
- Hidalgo Suárez, A., Sánchez, Herrera, C.G., Serrano Romero, A., Cruz Ramírez, Y., Espinosa Borges, A.E., García Obregón, L., Pereira Báez, M.J. Y Pérez García, L.A., 2019. Caracterización de procesos geológicos en el depósito de arcillas de Cayo Guam y su relación con la producción de cemento de bajo carbono. *Ciencia & Futuro*, 9(1) :19-31.
- Iturralde-Vinent, M.A., 1994. Cuban Geology: A New Plate-Tectonic Synthesis. *Journal of Petroleum Geology*, 17(1) :39-70.
- Iturralde Vinent, M., 1996. Ofiolitas y arcos Volcanicos de Cuba. *IGCP project*, 364.
- Iturralde-Vinent, M. A. 1996. Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico. En: *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project*, 364, 179-189.
- Iturralde-Vinent, M.A., 1998. Sinopsis de la constitucion geologica de Cuba. *Acta Geologica Hispanica*, 33(1-4) :9-56.
- Lofgren, G., 1971. Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks. *Journal of Geophysical Research*, 76(23) :5635-5648.
- Mcphie, J.; Doyle, M. & Allen, R.L, 1993. *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmani, 198 pp.
- Martín Cortés, Guillermo Ruperto; Theodoro Hennies, Wildor; Valenzuela Díaz, F.R., 2005. Contribution To A Technological Characterization Of Kaolins From Cuba And Brazil. Ptech-2005 Fifth International Latin - American Conference On Powder Technology October 26 - 29 Salvador - Brazil.
- Milian, I., Díaz-De Villalvilla, L.B., Pérez, M. y Palacios. B, 2001. Características geoquímicas y minerológicas de las rocas de la Formación Caobilla. Iv Congreso De Geología Y Minería Mineralogía, Petrología Y Geoquímica Mipegq, Memorias GEOMIN 2001, La Habana, 19-23 de marzo. pp. 19-23.

- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1965. Informe sobre los trabajos de las exploraciones geológicas realizadas en el yacimiento de caolín de Dumañuecos llevados a cabo en 1964. La Habana, Cuba.
- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1969. Informe sobre el yacimiento de caolín para refractarios Dumañuecos. La Habana, Cuba.
- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1983. Informe final de Exploración Complementaria en el yacimiento de caolín Dumañuecos. Prov. Las Tunas. La Habana, Cuba
- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1984. Pasaporte geológico que acompaña la muestra tecnológica del yacimiento de caolín Dumañuecos cuerpo 2. La Habana, Cuba.
- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1985. Informe Sobre La Prueba De Planta Piloto De Las Muestras De Caolín Del cuerpo 2 del yacimiento «Dumañuecos». . S.I.:
- ONRM (Oficina Nacional de Recursos Minerales), 1989. Informe de Búsqueda Orientativa y Detallada de caolín Dumañuecos- Caisimú. La Habana, Cuba.
- Reyes, A.G., 1990. Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal*, 43 :279-309.
- Rimstidt, J.D., 1997. *Gangue Mineral Transport And Deposition*, In: Barnes, H.L. (Eds.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. John Wiley and Sons, New York, pp. 487–515.
- Rodríguez-Acosta, L., Rodríguez-Suárez, A. Y Hernández-Flores, C., 2017. Diversificación del uso industrial del yacimiento Río del Callejón: obtención de sulfato de aluminio para tratamiento de agua., *Minería y Geología*, 33 (2) :177-190.
- Talavera-Coronel, F; Echevarria, B; Tchounev, D; Ianev, S; Tzankov, T., 1986. Características generales del vulcanismo en la región Ciego de Ávila-Camagüey-Las Tunas (Cuba). *Ciencias de la Tierra y del Espacio* 11/86 :15-25

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

AEEB: idea de la investigación, revisión bibliográfica, análisis e interpretación de resultados, redacción y revisión del original, aprobación de la versión final. LAPG: revisión bibliográfica, análisis e interpretación de resultados, revisión de la versión original y aprobación de la versión final. CALR: trabajo de campo, análisis de datos, revisión de la versión original y aprobación de la versión final. YCR: trabajo de laboratorio, interpretación de resultados, revisión de la versión original y aprobación de la versión final. RYCT: interpretación de resultados, revisión de la versión original y aprobación de la versión final. MTLR: trabajo de laboratorio y elaboración de las secciones delgadas y pulidas y aprobación de la versión final. GAG: trabajo de laboratorio y elaboración de las secciones delgadas y pulidas y aprobación de la versión final.

ORCID

AEEB, <https://orcid.org/0000-0003-4882-8731>

LAPG, <https://orcid.org/0000-0003-4465-8675>

CALR, <https://orcid.org/0000-0002-9156-5327>

YCR, <https://orcid.org/0000-0002-9888-8735>

RYCT, <https://orcid.org/0000-0001-5392-7764>

MTLR, <https://orcid.org/0000-0001-5299-6098>

GAG, <https://orcid.org/0000-0001-5648-0654>

Recibido: 18/11/2019

Aceptado: 26/02/2022