

LA MANIFESTACION MINERAL QUESIGUA: EVIDENCIAS DE UN ESTILO DE MINERALIZACION EPITERMAL

QUESIGUA MINERAL OCURRENCE: EVIDENCES OF AN EPITERMAL MINERALIZATION STYLE

LEDUAR RAMAYO CORTES

E-mail: cheleduar@yahoo.com

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

RESUMEN: La manifestación mineral Quesigua está formada por vetas de cuarzo con sulfuros y oro, y se emplaza dentro de vulcanitas cretácicas pertenecientes a la formación Téneme que aflora al noreste de Cuba oriental. Esta manifestación se caracteriza por un predominio de las texturas de cuarzo cristalino y por la presencia de la alteración hidrotermal adularia-sericita.

Los resultados de estudios paragenéticos, texturales, isotópicos y de inclusiones fluidas indican que estas vetas de cuarzo se relacionan con un sistema epitermal de baja sulfuración profundo o intermedio, particularmente dentro de la superzona cristalina, la cual se caracteriza por un enriquecimiento relativo en sulfuros (pirita, galena y esfalerita) respecto al oro. La composición isotópica de los sulfuros indica un origen magmático de los mismos, aunque no se descarta la participación de aguas meteóricas o marinas. Las vetas se formaron a temperaturas que varían entre 230-270 °C a partir de fluidos con salinidades entre 2,57 y 9,86 wt % NaCl. Las vetas estarían emplazadas entre 350 y 600 metros bajo la paleosuperficie. Quesigua es el primer sistema epitermal de baja sulfuración (adularia-sericita) documentado en la región Moa-Baracoa, y demuestra que este estilo de mineralización puede ser encontrado en arcos volcánicos profundamente erosionados.

Palabras clave: manifestación epitermal, oro, Quesigua, inclusiones fluidas, isótopos.

ABSTRACT: The Quesigua epithermal occurrence is formed for quartz veins with base metals and gold, and it is hosted in cretaceous volcanic rocks from Téneme formation. Crystalline quartz textures, base metal rich and adularia-sericite host rock alteration are the principal features. The results of paragenetic, fluid inclusions, and sulfur stable isotope studies indicate an deep epithermal low-sulfidation or intermediate sulfidation origin. $\delta^{34}\text{S}$ data suggest a magmatic provenance for pyrite, sphalerite and galena. In addition, salinities are low (2,57-9,86 wt % NaCl equiv.) and the formation temperatures are around 230-270 °C. The emplacement occurs at 350-600 meters beneath the paleo-surface. Quesigua occurrence is the first low sulphidation epithermal system documented in Moa-Baracoa region. It shows that epithermal mineralization style may be found in deeply eroded volcanic arches.

Keywords: epithermal occurrence, gold, Quesigua, fluid inclusions, isotopes.

INTRODUCCIÓN

En el marco de la región de Moa, Cuba oriental, se localizan varias manifestaciones minerales de origen epitermal de baja sulfuración (Rodríguez, 1994; Díaz, 1996, Ramayo, 2001). Se trata de sistemas vetiformes y de brechas con contenidos significativos de metales base y nobles, los cuales se hospedan en rocas de afinidad ofiolítica y en rocas volcánicas cretácicas. La manifestación hidrotermal Quesigua está formada por vetas de cuarzo con sulfuros de metales base y oro en menor cantidad, y se emplaza dentro de las vulcanitas cretácicas. Este estilo de mineralización se asocia con los más altos niveles de los sistemas magmáticos (1-2 km de la superficie y a temperaturas menores de 300 °C) y se forman por la convección de fluidos clorurados con pH neutros o cercanos a estos; y que tienen su equivalente en los sistemas geotermales modernos (White, 1981; Henley y Ellis, 1983; Henley, 1984; White y Hedenquist, 1990).

En el presente trabajo se dan a conocer nuevos datos mineralógicos, geoquímicos e isotópicos de dicha manifestación y se discute sobre las condiciones de deposición, temperaturas de formación y origen de los fluidos, sobre la base de los estudios texturales, de inclusiones fluidas y de los isótopos de azufre.

MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se enmarca dentro de la región nororiental de Cuba, a unos 15 km al este de la ciudad de Moa (Fig. 1). Desde el punto de vista geológico se caracteriza por la presencia de las secuencias del cinturón plegado cubano y rocas del neoautóctono (Iturralde-Vinent, 1996, 1998; Proenza et al., 1999).

Las ofiolitas son las rocas de mayor distribución y están enmarcadas dentro de la llamada Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde-Vinent, 1998). Han sido interpretadas como representativas de un sistema de cuenca de retroarco-mar marginal, ubicado paleogeográficamente

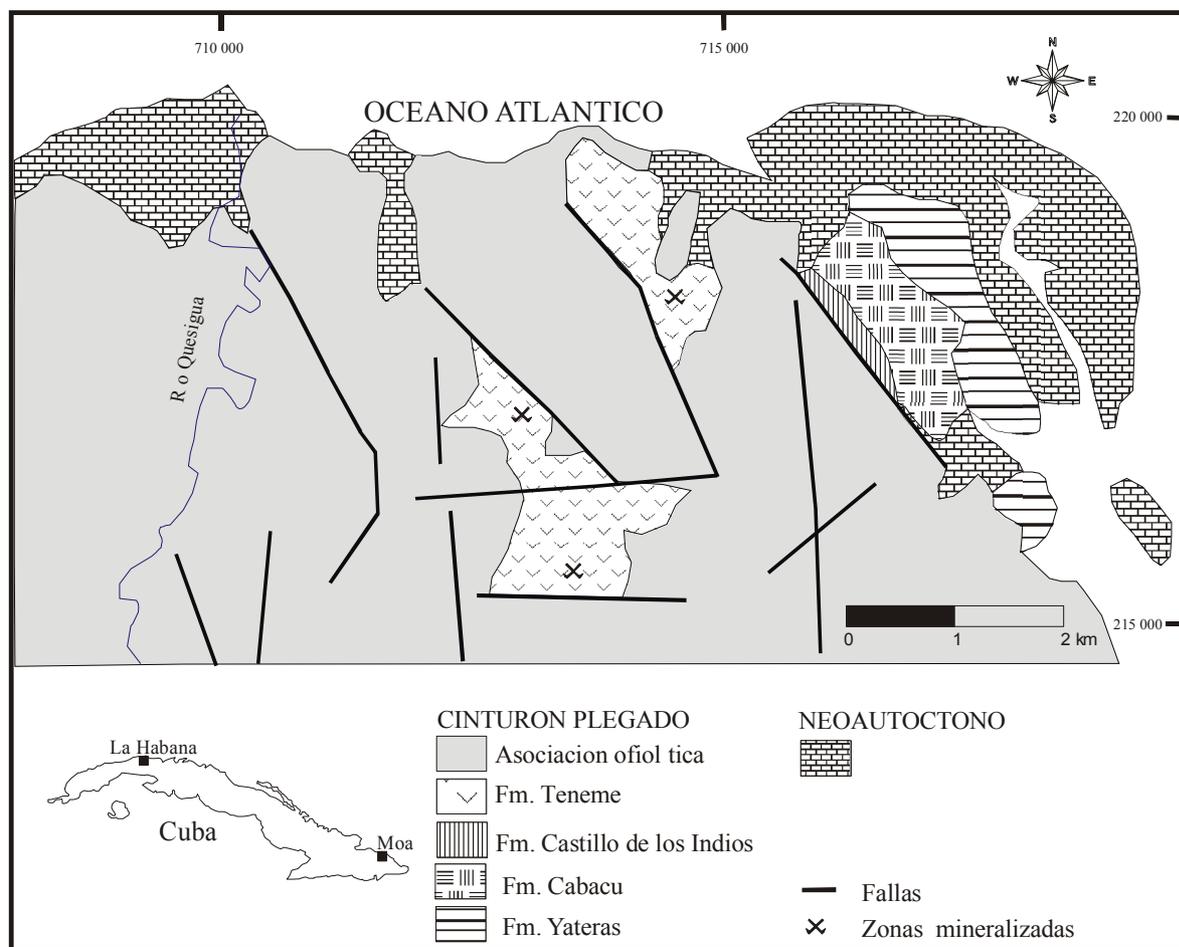


Fig. 1. Esquema geologico que muestra las manifestaciones epitermales.

entre el margen cretácico de la Plataforma de Las Bahamas y el Arco Volcánico de las Antillas Mayores (Iturralde-Vinent, 1996, 1998). Según Fonseca et al., (1985), Iturralde-Vinent (1996, 1998) y Proenza et al., (1999), la secuencia de piso a techo estaría compuesta por peridotitas con texturas de tectonitas, cumulos máficos, diques de diabasas y secuencias efusivas-sedimentarias, siempre delimitados por contactos tectónicos. En general, las ofiolitas se estructuran en forma de escamas tectónicas, cabalgando las rocas del arco de isla cretácico, aunque en ocasiones están cubiertas por materiales del arco de isla terciario y por secuencias terrígenas-carbonatas más jóvenes (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1996, 1998).

La formación Téneme (K_{1-2} al-t) es la representante en la región del arco volcánico cretácico y está compuesta por basaltos, andesito-basaltos, tobas y brechas (Proenza y Carralero, 1994; Iturralde-Vinent, 1996, 1998). La zona de contacto de esta formación con las ofiolitas se distingue por la deformación de las vulcanitas, en ocasiones los contactos coinciden con zonas muy fisuradas y foliadas, o con masas caóticas que contienen mezcla de bloques de ofiolitas y vulcanitas cretácicas (Iturralde-Vinent, 1996, 1998).

Las rocas asociadas al arco de isla volcánico del Paleógeno fueron depositadas en un ambiente de back

arc (Iturralde-Vinent, 1996) y yacen sobre los materiales deformados del arco cretácico y las ofiolitas. En la región las vulcanitas del Paleógeno están representadas por la formación Castillo de los Indios (P_1^1 - P_2^2) compuesta por tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, lutitas, margas, gravelitas, conglomerados vulcanomícticos y algunos cuerpos de basaltos, andesitas, andesito-basaltos y andesito-dacitas (Iturralde-Vinent, 1996, 1998; Cobiella, 1998 y Quintas, 1989).

Las secuencias estratigráficas del Eoceno Medio-Oligoceno están representadas por las formaciones Cabacú (P_3^2 - N_1^1) y Yateras (N_1^1). La primera de ellas está compuesta por gravelitas, areniscas y lutitas polimícticas; mientras que la formación Yateras se compone de calizas biodetríticas, detríticas y biogénicas de granos finos a gruesos, de porosidad variable y a veces aporcelanadas (Quintas, 1989).

Las rocas y estructuras del neautoctono se formaron después de la consolidación del substrato plegado, a partir del Eoceno Superior. Durante esta etapa y hasta el presente han dominado los movimientos verticales oscilatorios. Los sedimentos de este período de desarrollo de la estructura geológica cubana se encuentran muy poco o nada deformados y se distribuyen en zonas cercanas a la costa (Iturralde-Vinent, 1998).

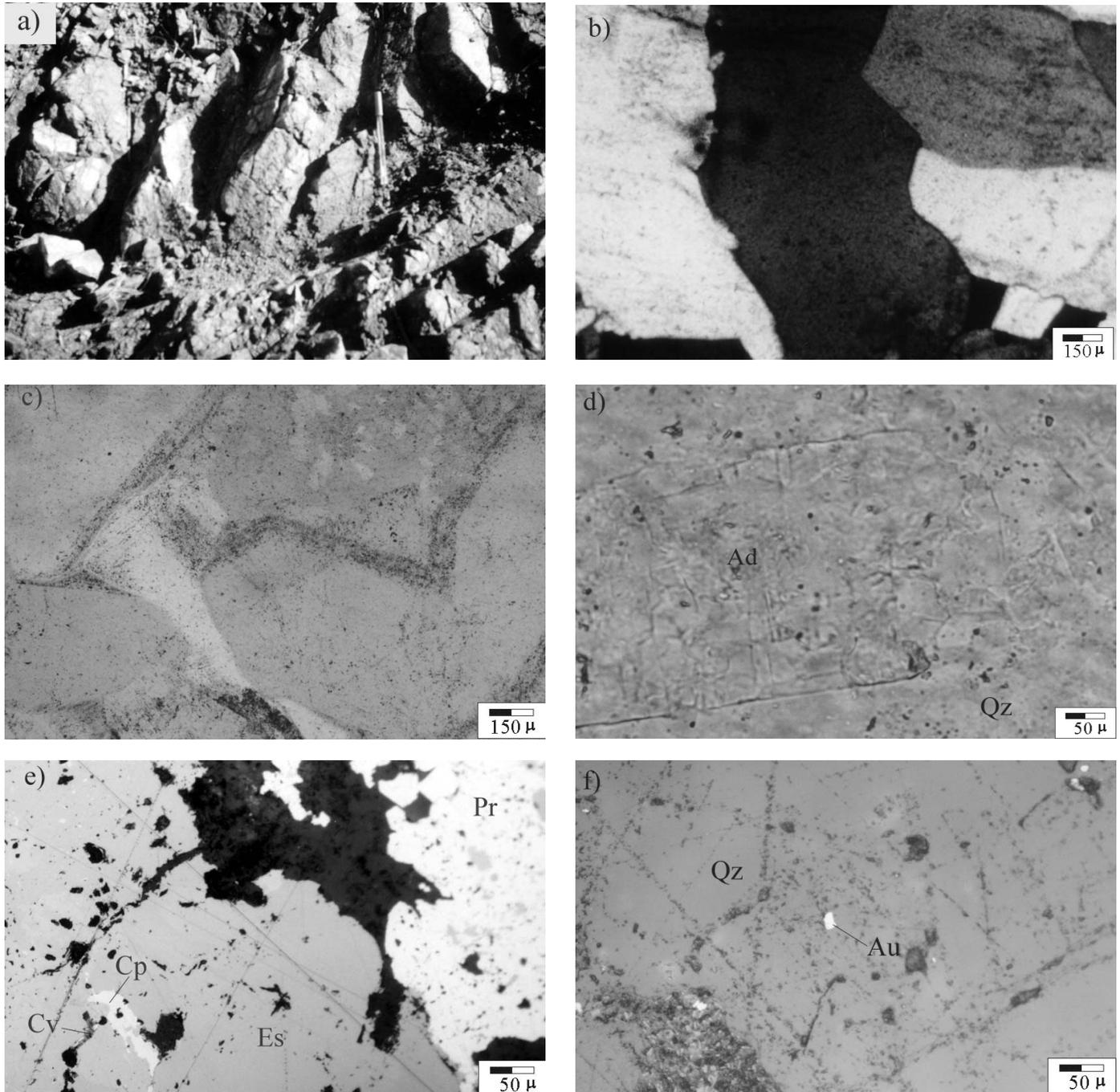


Figura 2. a) Veta de cuarzo lechoso con sulfuros, autobrechado e intensamente craquelado; b) Textura maciza (vista en seccion delgada, nicoles cruzados), formada por cristales idio e hipidiomorficos de cuarzo; c) Textura de cristales zonados (vista en seccion delgada, nicoles paralelos), formada por la presencia de bandas claras de cuarzo y otras con innumerables inclusiones fluidas; d) Cristales de adularia tabular hospeda en el cuarzo (vista en seccion delgada, nicoles paralelos); e) Sulfuros de metales base, pr: pirita, es: esfalerita, cp: calcopirita, cv: covelina (corte calcografico, nicoles paralelos); f) Oro asociado al cuarzo.

MANIFESTACIÓN HIROTHERMAL QUESIGUA

En la zona de Quesigua afloran, vinculadas al sistema de fallas NW-SE y NE-SW, vetas de cuarzo mineralizadas (Fig. 2a). Análisis químicos indican contenidos relativamente altos de Pb-Zn-Cu y Au < 1 ppm (Ramayo, 1999). Las rocas de la región están muy alteradas y oxidadas. El espesor de las vetas es reducido, con valores medios de un metro, aunque poseen variaciones a lo largo del rum-

bo, llegando a superar en ocasiones los 2,5 metros. Las vetas se emplazan en rocas volcánicas cretácicas y están compuestas por cuarzo, y en menor medida, carbonatos, minerales de alteración, sulfuros de metales base y oro en menos cantidad.

Las texturas de cuarzo de crecimiento primario están distribuidas de forma amplia en las vetas de la región, destacándose la textura maciza (Fig. 2b), la cual le confiere un aspecto homogéneo a las vetas. Los filones con

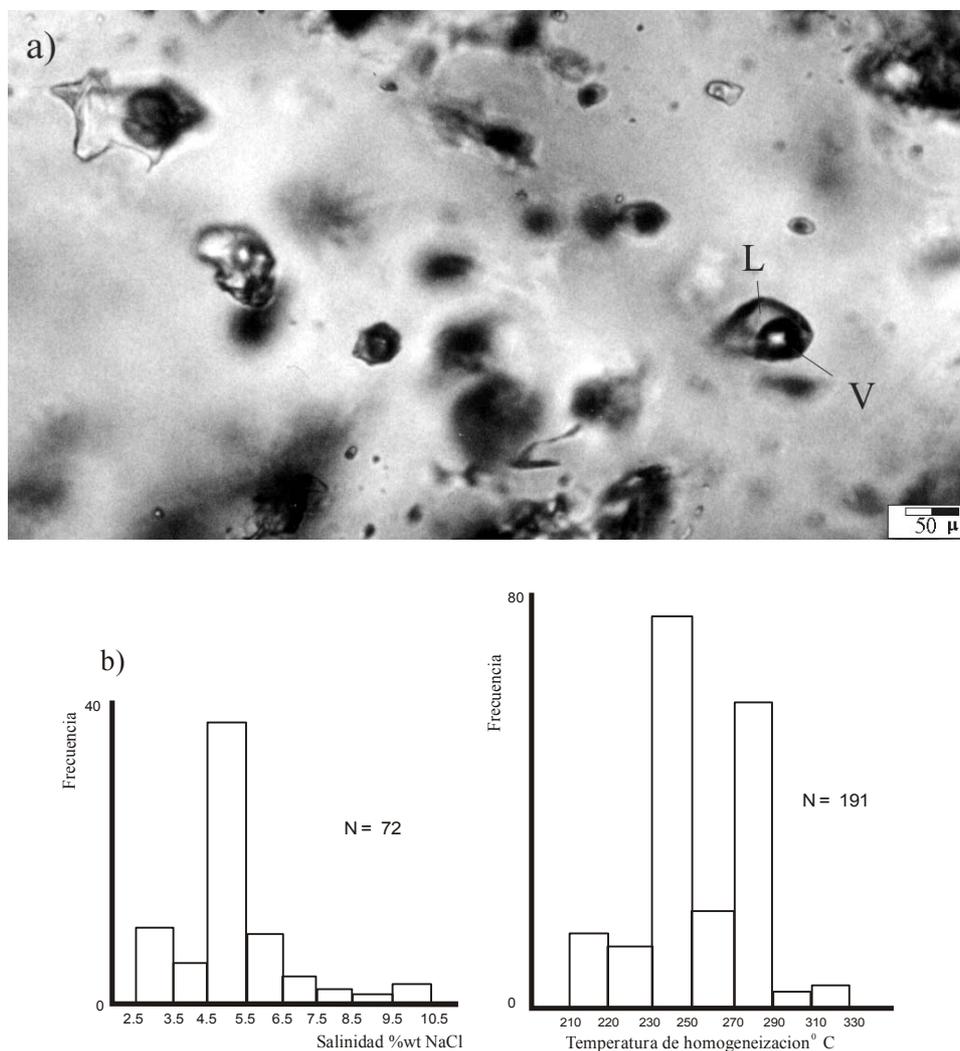


Figura 3. a) Inclusiones fluidas bifasicas primarias, L: fase l quida, V: fase gaseosa; b) Histogramas que muestran la salinidad y temperaturas de homogeneizacion de las inclusiones fluidas bifasicas.

esta textura están compuestos por cuarzo lechoso; normalmente se puede apreciar cierta gradación en el tamaño de los cristales, donde los más pequeños aparecen en las paredes de la veta, mientras que los mayores forman el núcleo. Las texturas de cristales zonados y en peine son raras, y sólo se observaron en algunos sectores de las vetas y en vetillas y oquedades dentro del encajante o en el contacto con este. La textura de cristales zonados (Fig. 2c), se caracteriza porque en un mismo cristal de cuarzo pueden desarrollarse zonas transparentes que contrastan con zonas con innumerables inclusiones fluidas. En la textura en peine los cristales de cuarzo son transparentes, prismáticos, paralelos y subparalelos con terminaciones euhedrales; y se desarrollan con el eje c perpendicular a la superficie a partir de la cual comienza a desarrollarse, proporcionándole una apariencia similar a los dientes de un peine.

En esta manifestación se han identificado tres estadios de formación: 1) alteración hidrotermal, 2) mineralización, y 3) oxidación. La alteración hidrotermal se

reduce al contacto con el encajante (-2 m) y está representado por: clorita fundamentalmente; la misma se encuentra tanto en la ganga, junto con el cuarzo, y en el encajante reemplazando las rocas andesitobasálticas y las tobas de la formación Santo Domingo. En las vetas se revelaron cristales de adularia tabular (Fig. 2d) y sericita, siempre asociados al cuarzo. Los sulfuros primarios identificados fueron pirita, calcopirita, esfalerita y galena (Fig. 2e), los dos últimos en menor cantidad; también se reveló la presencia de Au libre asociado al cuarzo y a las limonitas (Fig. 2f). Como fases minerales originadas por alteración supergénica se determinaron carbonatos (azurita y malaquita), covelina, así como limonitas.

GEOQUÍMICA DE LA MANIFESTACIÓN QUESIGUA

Inclusiones fluidas

Se analizaron las inclusiones fluidas primarias en 10 muestras pertenecientes a las vetas principales. Todas las mediciones se realizaron sobre cristales de cuarzo.

En cristales de adularia se observaron inclusiones, pero por su pequeño tamaño $< 1 \mu$ no fueron estudiadas. Los estudios petrográficos y microtermométricos se efectuaron con un microscopio NIKON y una platina de calentamiento-enfriamiento LINKAN THM 600.

En general el cuarzo es lechoso y se encuentra intensamente craquelado, con un gran número de inclusiones fluidas. Estos cristales no fueron investigados por el pequeño tamaño de las mismas ($< 3 \mu$) y por el gran número de inclusiones pseudosecundarias y secundarias, lo que hizo prácticamente imposible el reconocimiento de las primarias. En algunos sectores de la veta, se hallaron cristales traslúcidos con texturas zonadas y en mosaico, donde las inclusiones eran más grandes y con morfologías variables, sobre los cuales recayó la mayor parte de las observaciones.

El análisis petrográfico reveló la presencia de inclusiones fluidas primarias, pseudosecundarias y secundarias. Las fluidas primarias están orientadas a lo largo de las líneas de crecimiento de los cristales de cuarzo y en pequeños arreglos aislados en las partes centrales de los cristales. El tamaño de las inclusiones varía entre los 3 y 100 μ . Las inclusiones son muy pequeñas y poco representativas, por lo que no se estudiaron. El volumen de gas en las inclusiones bifásicas ocupa generalmente entre 20 y 40 % del volumen total de la inclusión, aunque en ocasiones las encontramos con cerca de 60 % de volumen de gas (Fig. 3a). No fueron reveladas inclusiones trifásicas.

Las muestras fueron congeladas hasta $-120 \text{ }^\circ\text{C}$ durante los estudios criométricos, y no se observaron cambios de fases que revelaran la presencia de compuestos carbónicos en la fase gaseosa; compuestos del tipo N_2 , H_2S y CH_4 también parecen estar ausentes. Para valores de temperatura mayores de $-22 \text{ }^\circ\text{C}$ se identificó la presencia de fase líquida, sugiriendo que la temperatura del punto eutéctico estaría por debajo de dicho valor. Shepherd et al., (1985) plantea para condiciones análogas la presencia del sistema $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ con participación de K^+ , el cual es el responsable de la depresión del punto eutéctico, cuya temperatura teórica es de $-20,8 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura de fusión final de los cristales de hielo ocurrió entre los $-6,5$ y $-1,5 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que indica salinidades que varían entre 2,57 y 9,86 wt % NaCl , con una moda en el intervalo de clases 4,5-5,5 wt % NaCl . Las temperaturas de homogeneización (etapa de calentamiento) va-

riaron entre 210 y 320 $^\circ\text{C}$, con una distribución bimodal, una en el intervalo 230-250 $^\circ\text{C}$ y otra en 270-290 $^\circ\text{C}$; la primera se corresponde con las inclusiones medidas en las texturas zonadas desarrolladas en la periferia de los cristales, y la segunda, con las medidas en el centro de los mismos (Fig. 3b).

Composición isotópica de los sulfuros

El azufre aparece en su forma reducida en depósitos de minerales metálicos asociado con rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Por esta razón, el estudio de la composición isotópica del azufre ofrece la oportunidad de determinar: 1) el origen del azufre, 2) la temperatura de formación de los sulfuros y de los fluidos formadores de menas, 3) la relación efectiva agua/roca durante la mineralización, 4) el grado de equilibrio, y 5) los mecanismos de depositación.

Los estudios isotópicos de azufre se hicieron con un espectrómetro de masas de fuente gaseosa, modelo SIRA-II, fabricado por VG-Isotech y equipado con "cold finger", a través de la línea de extracción del azufre, de alto vacío. Los mismos se realizaron en cristales de pirita, esfalerita y galena, los cuales fueron extraídos de las vetas. Estos cristales fueron separados y concentrados en forma manual, para ser sometidos posteriormente a la extracción de gas. Las relaciones isotópicas se expresan a través de la notación normal, como valor delta por mil ($\delta \text{ }^\circ\text{‰}$); los resultados están dados en relación con el estándar CDT (Troilita del meteorito del Cañón del Diablo, Estados Unidos).

Por otra parte, la variación del factor de fraccionamiento isotópico en función de la temperatura, ha sido usada como geotermómetro en numerosos trabajos (Arribas et al., 1995; Appold et al., 1995; Rolando et al., 2001). En el presente trabajo utilizamos los pares galena-pirita y galena-esfalerita, que son muy buenos indicadores de la temperatura de equilibrio isotópico, especialmente en depósitos de baja presión y temperaturas de formación mayores a los 120 $^\circ\text{C}$.

En la tabla 1 se muestra los valores de $\delta^{34}\text{S}$ obtenidos a partir de sulfuros primarios y los resultados isotópicos del fluido en equilibrio con los sulfuros ($\delta^{34}\text{H}_2\text{S}$), así como las temperaturas de equilibrio isotópico de los pares minerales; los mismos fueron calculados siguiendo las ecuaciones propuestas por Ohmoto y Rye (1979).

TABLA 1. VALORES DE $\delta^{34}\text{S}$ OBTENIDOS A PARTIR DE SULFUROS PRIMARIOS, RESULTADOS ISOTÓPICOS DEL FLUIDO EN EQUILIBRIO CON LOS SULFUROS ($\delta^{34}\text{H}_2\text{S}$) Y TEMPERATURAS DE EQUILIBRIO ISOTÓPICO DE LOS PARES MINERALES.

Muestras	Mineral	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} (\text{ }^\circ\text{‰})$	$\delta^{34}\text{H}_2\text{S}_{\text{CDT}} (\text{ }^\circ\text{‰})$	Temperaturas de equilibrio de los pares minerales ($^\circ\text{C}$)
LIB-5	Esfalerita	-2.0	-3.22	Pirita – galena T = 354
LIP-6	Pirita	-1.7	-2.92	
LIG-9	Galena	-4.3	-2.40	Esfalerita – galena T = 393

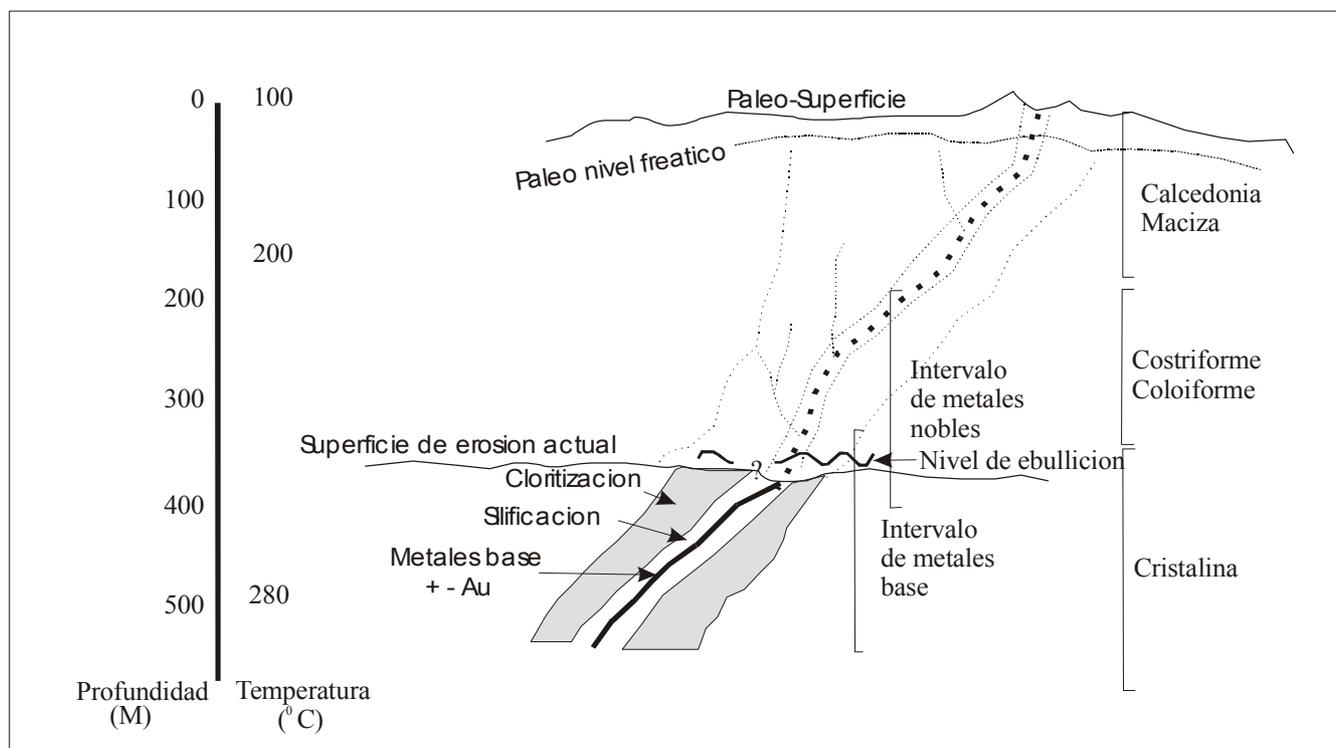


Figura 4. Modelo esquemático propuesto para las vetas de Quesigua, mostrando las diferentes superzonas de un sistema epitermal de baja sulfuración y las zonas de deposición de metales.

DISCUSIÓN

El predominio de texturas de crecimiento primario, sobre todo las macizas, con cuarzo cristalino y la total ausencia de las variedades amorfa y criptocristalina de los minerales del grupo de la sílice, indicarían que esta manifestación podría ubicarse dentro de la superzona cristalina, según el modelo propuesto por Buchanan (1981), la cual esta compuesta, fundamentalmente, por cuarzo cristalino y sulfuros. Dicha zona se ubicaría justo por debajo del nivel de ebullición de un sistema epitermal o en el límite inferior de esta, lo cual es sugerido por la presencia de cristales de adularia tabular en algunos sectores de la veta. Dong y Morrison (1995) destacan que la presencia de adularia tabular es un producto temprano de la ebullición, que ocurre a temperaturas relativamente altas, a diferencia de la adularia rómbica que precipita a temperaturas más bajas y marca el nivel de ebullición, tal como sucede en la manifestación epitermal Hato Viejo (Ramayo, 2001).

Los isótopos de azufre analizados a partir de los sulfuros primarios, arrojaron valores cercanos a cero, lo que indica una filiación magmática de los mismos; los fluidos de origen magmático raramente varían en más de $\pm 5 \text{‰} \delta^{34}\text{H}_2\text{S}$ (Recio, 2000). Con independencia de que en la región no se ha revelado la presencia de cuerpos intrusivos y/o subvolcánicos de composición ácida o media, la composición de estos fluidos podría sugerir la presencia de estos cuerpos en profundidad y que sean ellos

la fuente de las soluciones mineralizantes. Las temperaturas de formación calculadas usando los isótopos de azufre, difieren de manera sustancial de las determinadas por inclusiones fluidas y son algo más altas que las temperaturas propias de los sistemas epitermales, lo que pudiera estar relacionado con la zonación isotópica observada, fundamentalmente en las piritas; el mismo problema ha sido descrito por otros autores (Faure, 1986; Recio, 2000; Rolando et al., 2001).

Los fluidos muestran salinidades que varían entre 2,57 y 9,86 wt % NaCl y una ausencia de compuestos carbonáceos. Este sistema generalmente posee mezclas de fluidos hidrotermales con aguas meteóricas o aguas marinas, pero al carecer de datos de isótopos de oxígeno es imposible confirmar esta hipótesis. Las vetas se formaron a temperaturas que varían entre 230-270 °C. En general las salinidades y las temperaturas de formación determinadas son más altas que las de los depósitos epitermales superficiales de baja sulfuración, tales como McLaughlin, Midas, Round Mountain, Hishikari y los depósitos epitermales del Macizo del Deseado; pero se corresponden con aquellos epitermales de baja sulfuración emplazados a niveles corticales más profundos (300-800 m), por ejemplo: Tonopah, Casapalca, Fresnillo y Comstock (Hedenquist y otros, 2000).

En resumen, los estudios texturales, geoquímicos, microtermométricos e isotópicos de la manifestación hidrotermal Quesigua sugieren que la misma sea considerada como del tipo epitermal de baja sulfuración pro-

funda o de sulfuración intermedia, según el modelo propuesto por Hedenquist y otros (2000), tal como se muestra en la figura 4, donde se aprecia como el corte erosivo actual coincide con la superzona cristalina, la cual es la zona propicia para el depósito de metales bases (Buchanan, 1981).

CONCLUSIONES

La manifestación mineral Quesigua es el primer sistema epitermal de baja sulfuración (adularia-sericita) documentado en la región Moa-Baracoa, y demuestra que este estilo de mineralización puede ser encontrado en arcos volcánicos profundamente erosionados. Los datos obtenidos apuntan a que el nivel de emplazamiento de dicho sistema se corresponde con la zona propicia para la ocurrencia de metales base, por lo que no es de esperar altos contenidos de Au y Ag.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPOLD, M., S. KESLER & J. ALT: "Sulfur isotope and fluid inclusion constraints on the genesis of Mississippi Valley-type mineralization in the central Appalachians", *Economic Geology*, 90 :902-919, 1995.
- ARRIBAS, JR. A., C. CUNNINGHAM, J. RYTUBA, R. RYE, W. KELLY, M. PODWYSOCKI, E. MCKE & R. TOSDAL: "Geology, Geochronology, Fluid Inclusions, and Isotope Geochemistry of the Rodalquilar Gold Alunite Deposit, Spain", *Economic Geology*, 90 :795-822, 1995.
- BUCHANAN, J. L.: "Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest", in Dickinson, W. R. and W. D. Pine: *Relations of tectonics to ore deposits in the southern cordillera, Arizona Geological Society Digest*, 1981.
- COBIELLA, J.: "Zonación de la sedimentación, el magmatismo y la tectónica del paleoceno-Eoceno Medio de Cuba", *Memorias del III Congreso Cubano de Geología y Minería, GEOMIN'98, La Habana*, 132-135, 1998.
- DÍAZ, R.: "Particularidades de la distribución de los placeres marinos laterales en el noreste de Cuba Oriental y su evaluación prospectiva", Tesis Doctoral, Departamento de Geología, ISMM, Moa, 1996.
- DONG, G. AND MORRISON, G.W.: "Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin", *Mineralium Deposita*, 30 (1) :11-19, 1995.
- FAURE, G.: *Principles of isotope geology*, Second ed. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- FONSECA, E., V. N. ZELEPUGIN Y M. HEREDIA: "Estructura of the ophiolite association of Cuba", *Geotectonics*, 19 :321-329, 1985.
- GYARMATI, P., I. MÉNDEZ Y M. LAY: "Caracterización de las rocas del arco de isla cretácico en la zona estructuro-facial Nipe-Cristal-Baracoa", en Furrázola, G.F. & K. E. Nuñez-Cambra (ed): *Estudios sobre geología de Cuba*, pp. 357-364, Instituto de Geología y Paleontología, Ciudad de La Habana, Cuba, 1997.
- HEDENQUIST, J. W., A. R. ARIBAS Y E. U. GONZÁLES: "Exploration for epithermal gold deposits", *S.E.G reviews*, 13 :245-277, 2000.
- HENLEY, R. W. & A. J. ELLIS: "Geothermal systems, ancient and modern: A geochemical review", *Earth Science*, 19 :1-50, 1983.
- HENLEY, R. W.: "Chemical structure of geothermal systems", *Economic Geology*, 1 :9-28, 1984.
- ITURRALDE-VINENT, M. A.: *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba, IGCP project 364, Special Contribution*, n. 1, 1996.
- : "Sinopsis de la constitución geológica de Cuba", *Acta Geológica Hispánica*, 33 (1-4) :9-56, 1998.
- OHMOTO, H. AND R. O. RYE: "Isotopes of Sulfur and Carbon", in Valley, J.W., H. P. Taylor and J. R. O'Neil (eds.): "Stables isotopes in high temperature geological processes", *MSA Reviews in Mineralogy*, Vol. 16 :491-559, 1979.
- PROENZA, J. Y N. CARRALERO: "Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo", *Minería y Geología*, 11(2) :3-10, 1994.
- PROENZA, F. J., F. GERVILLA, J. C. MELGAREJO & J. L. BODINIER: "Al-Rich and Cr-Rich Chromites from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt: Consequence of the interaction between Volatile-Rich Melts and Peridotites in Suprasubduction Mantle", *Economic Geology*, 94 :547-566, 1999.
- QUINTAS, F.: "Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico Superior y Paleógeno de la Provincia de Guantánamo y áreas cercanas", Tesis Doctoral, Departamento de Geología, ISMM, Moa, 1989.
- RAMAYO, L.: Informe sobre las zonas de alteración hidrotermal asociadas a las ofiolitas y al arco volcánico cretácico en la región de Moa, Fondo geológico INREMI, UNLP, La Plata, Argentina :45-58, 1999.
- : "Texturas de los minerales del grupo de la sílice de la manifestación epitermal El Rifle-Hato Viejo, región de Moa: Clasificación, descripción e implicaciones genéticas", *Minería y Geología*, XVIII (1) :21-29, 2001.
- RECIO, C.: "Isótopos estables en depósitos minerales", Curso de Postgrado, UNLP, Argentina, p. 96, 2000.
- RODRÍGUEZ, A.: "Sobre la existencia de alteraciones epitermales en el Complejo Ofiolítico Moa-Baracoa", p. 45, Resúmenes del Segundo Congreso Cubano de Geología, 1994.
- ROLANDO, P. A., L. A. HARTMANN, A. S. MEXIAS, R. O. ETCHEVERRY, R. R. FERNÁNDEZ AND I. A. SCHALAMUK: "Alteration of epitermal deposit in the Lago Fontana region, 45 °S Patagonian Andes", *Mestrado e Doutorado-Porto Alegre*, 2001.
- SHEPHERD, T., A. RANKIN AND D. ALDERTON: *A practical guide to fluid inclusions studies*, Blakie Ed., Glasgow, 237 pp., 1985.
- WHITE, D. E.: "Active geothermal systems and hydrothermal ore deposits", *Economic Geology*, 75th Anniv., 392-423, 1981.
- WHITE, N. C. Y J. W. HEDENQUIST: "Epitermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for explorations", *Journal of Geochemical Exploration*, 36 :445-474, 1990.