

COMPARACIÓN ENTRE LOS YACIMIENTOS HERCÍNICOS EUROPEOS, DEL ESCUDO CANADIENSE Y DEL COMPLEJO OFIOLÍTICO DE HOLGUÍN NOROCCIDENTAL, CUBA.

Jorge Luis Costafreda Mustelier ⁽¹⁾

(1)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Geológica. Ríos Rosas, 21. 28003. Madrid.

RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de explicar algunos rasgos fundamentales de la mineralización aurífera del complejo ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba, mediante comparación con yacimientos auríferos relacionados con zonas de cizalla en terrenos hercínicos del Macizo Ibérico (Urbano, R. 1998) (Castroviejo, R., 1998) (Cathelineau, M. *et al.*, 1993) (Callan, N.J. y Spooner, E.T.C. 1998), con los yacimientos filonianos del basamento hercínico y variscano de Francia (Bonnemaison, M. *et al.*, 1987) (Bonnemaison, M. *et al.*, 1991) y de cizalla del Escudo Canadiense (A.C. Colvine *et al.*, 1984) (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

En este trabajo, se han tomado como referencia los aspectos relacionados con el tipo y grado de alteración, forma de ocurrencia, paragénesis minerales presentes, forma de acumulación de la sustancia mineral aurífera y la cantidad de reservas estimadas.

COMPARACIÓN DE ACUERDO CON EL TIPO Y GRADO DE ALTERACIÓN

Yacimientos noroeste del Macizo Ibérico (Urbano, R. 1998).

Corcoesto:

Posee fuerte lixiviación del encajante.

Penedono y Tomiño:

Se caracterizan por la marcada greissenización.

Pino:

La alteración hidrotermal consiste, fundamentalmente, en silicificación, potasificación, sericitización y cloritización, esta última con marcado carácter local.

De forma general predomina una intensa alteración hidrotermal del tipo potásica, sericítica y argílica, de carácter retrógrado.

Yacimientos del basamento hercínico de Francia (Bonnemaison, M. *et al.*, 1987), (Bonnemaison, M. *et al.*, 1991).

Listvenitización: sufrida por las rocas básicas y ultrabásicas a causa de su reacción con fluidos enriquecidos en CO₂, S y K.

Cloritización y Silicificación para las rocas de composición ácida.

Yacimientos del Escudo Canadiense (A.C. Colvine et al., 1984) y (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

Carbonatización: es la alteración más típica, la cual es previa y al mismo tiempo sinérgica con los procesos formadores de oro. Su expresión está en función de la litología encajante.

Yacimientos del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba

Rodinguitización:

Este proceso de alteración origina tipo de la roca denominada *rodinguita*, y se caracteriza por poseer una granulometría fina, con colores típicos grisáceo, blanco y verdoso, y de estructura mayormente del tipo masiva.

Forman bloques dentro de las serpentinitas tectonizadas, cuyos diámetros oscilan entre algunos centímetros hasta 2 metros. Son comunes en las zonas de contacto entre serpentinitas foliadas y rocas silicatadas.

Esta alteración afecta también a los gabros cumulativos que alternan con peridotitas serpentinizadas. Su composición mineralógica es: vesuviana, zoisita, prehnita, diópsido, actinolita y clorita (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988).

Listvenitización:

En este proceso las disoluciones hidrotermales afectan a las serpentinitas, dando lugar a las listvenitas, que son rocas de color verde claro, masivas o bandeadas, con textura microlepidoblástica, donde persisten piroxenos relictos bastitizados, parcial o totalmente sustituidos por carbonatos y talco (Costafreda, J.L., 1993).

Propilitización:

La propilitización afecta, fundamentalmente, a dioritas y andesitas. El material secundario es una *propilita*, con tonalidades grises, claras y cenicientas. El rasgo distintivo más notable es la clarificación parcial, incluso total, de la pasta. En este fenómeno hay una gran ocurrencia de minerales secundarios, como clorita, epidota, cuarzo y carbonato. La pirita se fija en grietas formando vetas, y en los bordes de fenocristales preexistentes. El oro se asocia a sulfuros (principalmente arsenopirita y telururos) que ocupan los espacios vacíos. La plagioclasa está albitizada y argilitizada.

Costafreda, J.L. y Földessy, J. (1987) han establecido la siguiente zonalidad para las dioritas y andesitas alteradas:

Cuarzo + ortoclasa + epidota + clorita + pirita + calcita.

Beresitización:

En los yacimientos del noroeste de Holguín, este tipo de alteración aporta contenidos apreciables de sericita, cuarzo, carbonatos y clorita, que forman niveles zonales típicos. Los excesivos contenidos de cuarzo aportan coloraciones oscuras, mientras que los saturados en carbonatos ofrecen tonalidades claras. La roca resultante es una *beresita*, que se distingue por su alto grado de dolomitización (Kramer, J.L.1988).

COMPARACIÓN DE ACUERDO CON LA FORMA DE OCURRENCIA

Yacimientos del noroeste del Macizo Ibérico (Corcoesto, Tomiño, Penedono y Pino)

Yacen en sistemas de fracturación desarrollados en granitos hercínicos que se emplazan en bandas de cizallas de carácter regional, y se hallan afectados por las últimas fases de deformación. La mayor acumulación de oro se produjo en las etapas hidrotermales tardías, y están vinculadas con procesos de deformación frágil, con intensa microfracturación de los cuerpos de cuarzo, principales portadores del oro y minerales acompañantes (sulfuros y sulfosales) (Urbano, R. 1998).

Yacimientos del basamento hercínico de Francia

La mineralización aurífera se presenta en forma de pepitas, granos finos a muy finos y como mineral incorporado en la red cristalina de ciertos sulfuros.

La mineralización tiende a concentrarse a lo largo de zonas de cizalla con arsenopirita aurífera en lentes silíceos. El oro se incorpora en la red cristalina de los minerales de sulfuro y no toma forma mineral (Bonnemaison, M. et al., 1987) (Bonnemaison, M. et al., 1991).

Yacimientos del Escudo Canadiense

Ocurren dentro de una zona lineal, formada por el efecto de la presión de procesos tectónicos en forma de empuje y cizallamiento. Estas zonas contienen rocas cataclastizadas-milonitizadas, con predominio de zonas de fallas y áreas de deformación dúctil.

Dentro de estas zonas se generaron muchos conductos por los cuales fluyeron los fluidos, dependiendo del grado de competencia de los litotipos y de la constancia de la presión prevaleciente. El dinamismo de estos sistemas y su intensidad fueron tan marcados que produjeron diversas formas de permeabilidad y estilos en la mineralización en esta localidad (A.C. Colvine et al., 1984) y (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

Yacimientos del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba

Se ubican en zonas de milonitas y cataclastitas, planos de foliación, fallas y otros tipos de rupturas que han servido de canales conductores de las disoluciones portadoras de minerales de Cu y Au. En los contactos tectónicos entre las diferentes unidades litológicas (diorita/andesita, gabro, serpentinitas) se deposita la mineralización aurífera, formando vetas.

Los componentes removilizados durante la serpentización están enriquecidos en Ca, SiO₂, Cu, Zn y Au; estos se acumulan en sistemas complejos de fisuras y grietas submicroscópicas que se forman en los litotipos poco competentes durante los movimientos de cabalgamiento del complejo ofiolítico.

En las zonas con alteración metasomática es frecuente encontrar mineralización aurífera de interés industrial (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1987).

COMPARACIÓN DE ACUERDO CON LAS PARAGÉNESIS PRESENTES

Yacimientos del noroeste del Macizo Ibérico (Urbano, R. 1998)

Corcoesto:

La paragénesis fundamental es: arsenopirita y oro; y como minerales accesorios pirita, calcopirita, pirrotita y scheelita.

Tomíño:

La paragénesis principal es calcopirita, esfalerita (rara), bismutinita, bismuto nativo y oro. En esta evolución merece destacarse la afinidad del oro con la calcopirita.

Penedono:

Se estiman tres etapas principales en el proceso de mineralización: 1) acumulación de cuarzo y arsenopirita y pequeñas cantidades de bismuto, bismutinita y oro, incluidas en arsenopirita, sin relación genética evidente; 2) formación de calcopirita-esfalerita en una primera etapa, posteriormente se forman pequeños cristales de galena y arsenopirita, 3) se produce la brechificación y microfacturación de los sulfuros y la consiguiente precipitación de oro nativo y/o electrum en cantidades significativas.

Pino:

La mineralización principal está compuesta por arsenopirita, escorodita (secundaria), pirita y oro nativo; localmente hay calcopirita, esfalerita y magnetita.

Yacimientos del basamento hercínico de Francia

Zonas de cizallamiento aurífero precoces:

Su evolución paragenética es la siguiente:

Etapas no maduras: *pirrotita- estibinita-siderita.*

Etapas maduras: *antimonio nativo - estibinita secundaria - cuarzo microsacaroidal.*

Zonas de cizallamiento aurífero de etapas intermedias:

Contiene una paragénesis de mispíckel, pirita, blenda y exoluciones de calcopirita y galena. El oro nativo asociado a estas paragénesis es de una gran pureza (90% de Au) (Bonnemaison, M. et al., 1987) (Bonnemaison, M. et al., 1991).

Yacimientos del Escudo Canadiense

La asociación mineral/elemento en Renabie es típica de los sistemas de venas cuarzo-aurífero arqueanos oxidados, conteniendo anhidrita, hematita, carbonato y turmalina, con una asociación calcófila consistente en molibdenita, sulfuros de Cu/Pb, Au nativo, Ag y telururos de *Pb-Bi-Au-Ag* (A.C. Colvine et al., 1984) y (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

Yacimientos del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba

Yacimiento Nuevo Potosí:

Minerales metálicos

Las fases mineralógicas principales están compuestas por arsenopirita y pirita, siendo la pirrotina, marcasita, calcopirita y gersdorfitas las secundarias. Los elementos y compuestos raros están representados por galenita, oro nativo, electrum, paragénesis plata-oro-mercurio, pentlandita, telurobismutita, bourmonita, cobres grises y makimabita. La ganga está constituida por cuarzo, dolomita, calcita y clorita (Kramer, J.L., Gonkin, P., 1988) y (Costafreda, J.L., 1996).

Reina Victoria:

En este yacimiento aparecen como minerales principales pirita, cobre y oro nativos, covelina, así como ciertos óxidos e hidróxidos de hierro. La mena es mayormente diseminada con texturas del tipo cristalización-sustitución (Costafreda, J.L., 1996).

Coexiste una paragénesis sulfurosa de *pirita-covelina*, con presencia de cobre nativo que se asocia a especies cupríferas de alteración secundaria.

Yacimiento Holguinera:

Los minerales típicos de este yacimiento son: pirita, arsenopirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, galena, cuprita, cromita, oro y otros. Suelen formar menas de cristalización, sustitución y de soluciones sólidas, con estructuras vetítica y también diseminadas (Costafreda, J.L., 1996).

Las principales paragénesis son sulfurosas y sulfurosa-polimetálica, respectivamente, y están representadas, por una parte, por las siguientes especies: pirita-calcopirita-esfalerita-arsenopirita-galenita-pirrotina, con las que se asocia el oro, y por otra por cromita-ilmenita-magnetita, que indican un estadio magmático (Muñoz, J.N., Costafreda, J.L. y Reyes, C.R., 1992).

COMPARACIÓN DE ACUERDO CON LA FORMA DE ACUMULACIÓN DEL ORO

Yacimientos noroeste del Macizo Ibérico

La acumulación del oro tuvo lugar en una etapa tardía, donde ocurrió un episodio de reactivación tectónica (en forma de régimen compresivo caracterizado por direcciones específicas de mayores tensiones), bajo condiciones completamente diferentes de P-T. A causa de esto, se produjo la fracturación de los cuerpos mineralizados, que en una etapa posterior experimentaron una cementación. La aparición del oro nativo tuvo lugar, junto con sulfuros y sulfosales, mayormente Pb-Ag, a lo largo de fracturas, especialmente cuando cortaron zonas de anteriores sulfuros (Urbano, R. 1998).

Yacimientos del basamento hercínico de Francia

Los movimientos tectónicos en zonas de cizallas crean espacios libres que se rellenan con minerales, formando venas bien definidas. Cuando estas venas se deforman, por efectos del aumento de los procesos tectónicos, se producen "trampas" naturales, como cuarzo sacaroidal, que sirve como reservorio para la mineralización de oro. El oro originado como consecuencia de la desestabilización de los sulfuros de etapas iniciales, migra y se fija en ciertas facies mineralógicas, utilizando como transporte los fluidos que se mueven a través de las zonas de cizallas (Bonnemaison, M. et al., 1987) (Bonnemaison, M. et al., 1991).

Yacimientos del Escudo Canadiense

La mineralización se depositó a partir de fluidos hidrotermales sobrepresurizados dentro y debajo de las zonas de deformación dúctil y frágil, y como consecuencia de una supergeneración de venas por incrementos repetitivos de fracturaciones hidráulicas (A.C. Colvine et al., 1984) y (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

Yacimientos del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba

El agua de mar penetró por los planos de fracturas del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, facilitando la generación de las corrientes convectivas hidrotermales; este sistema hidrotermal, de acuerdo a la interpretación de sus extensas zonas de alteración, movilizó parte de los elementos de las rocas afectadas (Co, Mn, Si, Fe, Cu, Zn, Au), y los depositó en las zonas fracturadas adyacentes al canal de ascenso de las corrientes convectivas, en condiciones diferentes (Pentelényi, L. y Garcés, E., 1988).

El carácter químico de las disoluciones hidrotermales era básico, con abundancia del Ca⁺ como catión más abundante. Mediante este sistema hidrotermal se explican los procesos de metasomatosis cálcica (Coleman, 1977), las vetas de cuarzo tardío y las mineralizaciones de Cu-Au asociadas a estas alteraciones (Buisson y Leblanc, 1986).

Las zonas de alteración hidrotermal formadas durante la serpentinización y emplazamiento de las ofiolitas después de la cristalización de Ca²⁺ - Mg²⁺ en forma de carbonatos (*Listvenitas*), perdieron su capacidad de mantener la sílice en disolución, factor que favoreció la formación de vetas de cuarzo y áreas de silicificación con mineralización aurífera de interés económico (Pentelényi, L. y Garcés, E., 1988).

COMPARACIÓN DE ACUERDO CON SUS RESERVAS

Yacimientos del noroeste del Macizo Ibérico

Corcoesto:

Se extrajeron 5.850 toneladas de oro con una ley media de 15.8 g/t. La explotación se llevó a cabo en 11 filones principales con potencias entre 5-150 centímetros y leyes entre 4 – 45 g/t de oro.

Penedono:

Su explotación data de la época de la dominación romana. Las labores mineras alcanzaron una profundidad de 30 metros. En el presente siglo se retomaron las operaciones de extracción, mediante laboreos subterráneos, en la mina San Antonio Vieiros, en 13 filones con orientación N40° - 50°O, concentrados en una banda de 800 metros de anchura. Los datos oficiales revelan producciones de hasta 100.800 toneladas, con contenido medio de 7.0 g/t de Au, entre los años 1954 y 1957.

En 1986 se recalcularon reservas ascendentes a 1.200.000 toneladas, con 11.500 kilogramos de oro, hasta una profundidad de 100 metros (Urbano, R. 1998).

Yacimientos del basamento hercínico de Francia

Mina Cette: Situada a 30 kilómetros de Moontuçon, con 11 millones de toneladas y contenido medio de 26 g/t de oro (Bonnemaison, M. et al., 1987) (Bonnemaison, M. et al., 1991).

Yacimientos del Escudo Canadiense

Albititi y Beardmore-Geralton Belt:

Han producido un total de > 5.287 toneladas (> 170 millones de onzas) de oro.

Renabie:

La producción y las reservas totalizadas para esta mina son de aproximadamente 6 millones de toneladas, con contenidos de 6.6 g/t de Au y 2 g/t de Ag, respectivamente (A.C. Colvine et al., 1984) y (Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. 1998).

Yacimientos del Complejo Ofiolítico del noroeste de Holguín, Cuba

Nuevo Potosí:

Se han calculado para este yacimiento un total de 55.783 tn, con espesor promedio de 1.06 metros; contenido medio de 7.89 g/t de Au y reserva de metal de 440 Kg de Au.

Agrupada:

Veta "Abalo I":

Reserva de mineral: 4.849,9 tn; contenido medio: 8.67 g/t de Au; espesor promedio: 0.63 metro;
Reservas de metal: 41.96 Kg de Au.);

Veta "Abalo II":

Reserva de mineral: 3.180 tn; espesor promedio: 0.49 metro; contenido medio: 6.75 g/t de Au.
Reserva de metal de Au: 21.5 Kg.

Veta "La Loca":

Reserva de mineral: 1.438.7 tn; contenido medio: 70.07 g/t de Au; espesor promedio: 0.38 metro.
Reserva de metal de Au: 100,81 Kg.

Veta "Emilito":

Reserva de mineral: 4.948,9 tn; contenido medio: 5.48 g/t de Au; espesor promedio: 0.28 metro.
Reserva de metal de Au: 27.1 Kg.

Reina Victoria:

Reserva de mineral: 80.129 tn; espesor promedio: 1.58 metros; contenido medio: 5.47 g/t de Au.

Holguinera:

Reserva de mineral: 11.850 tn; contenido medio: 1.2g/t de Au; espesor promedio: 5.0 metros;
Reserva de metal: 880 Kg de Au.

El grado de estudio de estos yacimientos ha llegado solamente hasta los 80.00 metros de profundidad.

CONCLUSIONES

Evidentemente, los rasgos más característicos de los yacimientos que se comparan en este trabajo, pueden inducir a establecer ciertas similitudes en el estilo genético, grado de mineralización, paragénesis y alteración relacionada. A pesar del tipo de litología y de alteración involucradas en los procesos de mineralización, parece que el mecanismo de formación de oro y metales afines sigue un patrón muy cercano.

Estos argumentos pueden tenerse en cuenta para tratar de explicar la génesis de los yacimientos auríferos relacionados con el Complejo Ofiolítico de la Región de Holguín, desde un enfoque distinto al de otros modelos utilizados durante los años '80.

BIBLIOGRAFIA

- Bonnemaison, M.; Braux, Ch.; Morávek, P.; Janatka, J. (1991). Comparaison entre les gîtes aurifères du socle varisque français et du massif de Bohême. Gold deposits of the French Variscan basement and the Bohemian massif: a comparison. Chron. rech. min., No. 504, 1991, pp.21-29, 17 fig. 4 tabl. 1991.
- Bonnemaison, M.; Marcoux, E. (1987). Les zones de cisaillement aurifères du socle hercynien français. Gold-bearing shear-zones in the Hercynian basement of France. Chron. rech. min., N° 488, 1987.
- Castroviejo, R. (1998). Nuevas aportaciones a la Tipología de Metales Preciosos para Exploración en España. Boletín Geológico y Minero. Vol. 109 – 5 y 6 Año 1998 (497 – 520).
- Cathelineau, M.; García, P.; Urbano, R.; Pereira, E.S.; Noronha, F. (1993). Multidisciplinary Studies of Au-Vein Formation. Application to the Western Part of the Hesperian Massif (Spain-Portugal). Project No. MA2M-CT90-0033.
- Chalyi, V.; Dobvnia, D. (1964). Informe sobre las Exploraciones Detalladas en los Yacimientos de Oro de los Cotos Mineros de Aguas Claras y Guajabales, Provincia Holguín. Cuba. Ministerio de Industria Básica, Oficina Nacional de Recursos Minerales de Cuba. Empresa Minera de Santiago de Cuba.
- Colvine A.C. et al. (1984). An Integrated Model for the Origin of Archean Lode Gold Deposits. Ontario Geological Survey. Open File Report 5524. Ministry of Natural Resources.
- Costafreda, J.L. (1993). Prospección Detallada Oro Aguas Claras-Reina Victoria de la Provincia Holguín. pp 33 - 68. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Costafreda, J.L. (1994). Exploración Orientativa y Detallada Oro Reina Victoria, Provincia Holguín. pp 27 – 47. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Costafreda, J.L. (1996). Características generales del campo mineral aurífero aguas claras en el contexto geológico regional de la provincia Holguín, Cuba. In: IX Jornada Científico-Técnica de la Sociedad Cubana de Geología. 24 de octubre de 1996. Cuba.
- Costafreda, J.L.; Velázquez, M. (1987). Informe de los Trabajos de Búsqueda Orientativa, escala 1:10.000, Sector 27: Holguinera, Provincia Holguín. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Csillag, J.; Tombacz, I.; Farkas, A. (1988). Evaluación del Beneficio de los Yacimientos Cubanos de oro. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Földessy, J.; Costafreda-Mustelier, J.L. (1987). Informe de los Trabajos de Búsqueda Orientativa, escala 1:10.000. Sector 23: Aguas Claras, Provincia Holguín. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Pentelényi, L., Garcés, E. (1988). Informe sobre los Trabajos del Levantamiento Geológico Complejo, escala 1:50.000 Polígono IV CAME-Holguín, de la Expedición Cubano-Húngara. pp 112 – 218. Ministerio de Industria Básica. Empresa Geominera de Oriente. Cuba.
- Kramer J.L.; Gonkin, P. (1988). Características Mineralógicas de los Yacimientos Auríferos de Cuba. Trad. del ruso. Tesis Doctoral. Instituto de Geología y Paleontología de Cuba.
- Muñoz, J.N.; Costafreda, J.L.; Reyes, C.R. (1992). Características Mineragráficas Preliminares del Campo Mineral Aguas Claras, Holguín. pp 80 – 103. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín.
- Callan, N.J.; Spooner, E.T.C. (1998). Ore Geology Reviews. Journal for Comprehensive Studies of Ore Genesis and Ore Exploration. Elsevier. Volumen 12 No.4. June 1998. ISSN: 0169-1368.
- Urbano, R. (1998). Depósitos auríferos de zonas de cizalla intragraníticas en el NO del Macizo Ibérico. Boletín Geológico y Minero. Instituto Tecnológico Geominero de España. Volumen 109. Septiembre-Octubre y Noviembre-Diciembre 1998. N° 5 y 6.