

EL SISTEMA EPITERMAL-PORFÍDICO DE AU-CU SAN NICOLÁS - EL PILAR - GASPAR, CIEGO DE ÁVILA, CUBA

THE EPITHERMAL-PORPHYRITIC SYSTEM OF AU-CU SAN NICOLÁS - EL PILAR - GASPAR, CIEGO DE ÁVILA, CUBA

 **RENÉ LUGO-PRIMELLES***

Investigador Independiente, 502 NE 199th Terr ZC 33179 Fla, USA

**Correspondencia: rlugop@yahoo.com*

RESUMEN: Con el presente artículo se ha considerado demostrar el carácter telescópico del tipo epitermal de sulfuración baja-porfídico del sistema mineralizado de oro y cobre San Nicolás-El Pilar-Gaspar, considerado hasta ahora epitermal de sulfuración alta, conocido originalmente como resultado de los trabajos de verificación terrestre de anomalías aeromagnéticas y geoquímicas en el sector Gaspar, Provincia Ciego de Ávila en 1988. A estos se añaden otras tres etapas de investigación, entre 1995-1998, 2002-2003 y una actual a partir de 2022 hasta la actualidad. El objetivo del estudio está basado en la actualización del conocimiento real actual y la generalización de los resultados obtenidos para concluir sobre el tipo de yacimientos esperados. Se ha aplicado el método descriptivo de la investigación científica, el cual se basa en la revisión, análisis, síntesis y generalización de la información geológica disponible, sobre el establecimiento de las condiciones geológicas, geoquímicas, geofísicas y de las alteraciones minerales y la mineralización metálica. El nivel de conocimiento alcanzado, permite establecer la presencia de un grupo de intrusiones porfídicas que muestran un ensamble telescópico epitermal - porfídico, donde la facies epitermal es del tipo de sulfuración baja interpretada como bonanza de oro - cobre. Este sistema se extiende potencialmente por 9-10 Km en dirección NO-SE, y profundidades de 500-800 m hasta el pórfido, en las cercanías de afloramientos parcialmente cubiertos por sedimentos jóvenes, de cuerpos hipoabisales-subintrusivos ácidos a intermedios, encajados en secuencias volcano- sedimentarias de la Fm Caobilla, del Cretácico Superior Coniaciano-Campaniano.

Palabras clave: Alteraciones metasomáticas-hidrotermales, Formación Caobilla, granodioritas-plagiogranitos, modelo telescópico epitermal-porfídico.

ABSTRACT: With the present article we have considered to demonstrate the telescopic character of the low sulphidation epithermal-porphyry type of the San Nicolás-El Pilar-Gaspar gold and copper mineralized system, considered until now as of high sulphidation epithermal, originally known as a result of the 1988 work on terrestrial verification of aeromagnetic and geochemical anomalies in the Gaspar sector, Ciego de Ávila Province. In addition to these, there are three other research stages, between 1995-1998, 2002-2003 and a current one from 2022 to the present. The objective of the study is based on the updating of current real knowledge and the generalization of the results obtained to conclude on the type of expected deposits. The descriptive method of scientific research has been applied, which is based on the review, analysis, synthesis and generalization of the available geological information, on the establishment of geological, geochemical, geophysical conditions and mineral alterations and metallic mineralization. The level of knowledge reached, allows to establish the presence of a group of porphyry intrusions that show an epithermal - porphyry telescopic assembly, where the epithermal facies is of the low sulphidation type interpreted as of gold - copper bonanza type. This system potentially extends for 9-10 Km in a NW-SE direction, and depths of 500-800 m to the porphyry, in the vicinity of outcrops partially covered for younger sediments, with hypabyssal - subintrusives acidic to intermediate bodies, embedded in volcano-sedimentary sequences of the Caobilla Fm, from the Upper Cretaceous Coniacian - Campanian.

Keywords: Caobilla Formation, epithermal-porphyry telescopic model, granodiorites-plagiogranites, metasomatic-hydrothermal alterations.

Recibido: 11/10/2023

Aceptado: 05/02/2024



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El territorio objeto de análisis ocupa un polígono de unos 90 Km² con rumbo noroeste, cuasi paralelo a la dirección de la Carretera Central en el este de la capital provincial de Ciego de Ávila. El prospecto El Pilar se encuentra aproximadamente a 3.75 Km al NE del poblado de Gaspar, capital del municipio Baraguá, donde pertenece el territorio mineralizado. Las coordenadas Lambert Cuba Norte de su centro son: X = 758275; Y= 216000. El prospecto San Nicolás está aproximadamente a 5.50 Km al NNE del mismo poblado. Las coordenadas Lambert Cuba Norte de su centro son: X = 754275; Y= 220250 (Figura 1). La manifestación Gaspar está alejada de El Pilar por unos 2 km al SE.



FIGURA 1. Mapa administrativo de la provincia Ciego de Ávila, hexágono azul indica el sector de estudio, huésped de la mineralización epitermal-porfídica de Au-Cu

Antecedentes

La presencia de oro en acumulaciones minerales, interesantes desde el punto de vista económico, en el sistema considerado hasta ahora epitermal de sulfuración alta "San Nicolás-El Pilar-Gaspar", es conocida originalmente como resultado de los trabajos "Verificación terrestre de anomalías aeromagnéticas y geoquímicas en el sector Gaspar, Provincia Ciego de Ávila" (Lugo-Primelles R., Ferrer C., Barroso A., et al, 1988), los que concluyeron con una estimación pronóstico de recursos de ese metal en su informe final. Este proyecto estuvo dirigido en principio a la localización de mineralización ferrífera en base de ciertas anomalías aeromagnéticas previamente definidas para ser revisadas en tierra. El mismo, a la luz de las observaciones y resultados primarios de los estudios señalados, permitió que se añadiera a la tarea técnica la investigación adicional para metales preciosos y básicos. El propio autor de este trabajo presentó en 1994, en el II Congreso Cubano de Geología y Minería, en Santiago de Cuba, una interpretación actualizada de estas ocurrencias epitermales auríferas, con una nueva estimación de recursos pronósticos.

Los trabajos de verificación terrestre de las anomalías aeromagnéticas se extendieron al nivel de una prospección casi convencional (Lugo-Primelles et al, 1988). Se perforaron 124 pozos de mapeo (1,615.60 m) en 62 Km², con una profundidad promedio de 13.04 m; se perforaron 21 pozos de prospección (2,274.60 m), con profundidades entre 29.30 m y 150.0 m, con ángulos entre 60° y 90° y 3 trincheras con un volumen total de 320 m³. Se realizó el muestreo litogeoquímico de suelos en red regular 200x40 m y de afloramientos naturales y artificiales (aureolas primarias). El complejo de métodos geofísicos aplicados fue exhaustivo (el proyecto investigativo tuvo origen geofísico): magnetometría, radiometría, perfilaje eléctrico, sondeos eléctricos verticales, SEV de PI, polarización inducida (polarizabilidad- resistividad),

gravimetría, susceptibilidad magnética, densidad, carotage, inclinometría y carotage gamma discreto. Se realizaron, además, muestreos amplios de rocas que incluyeron análisis espectrales, de aurometría, químicos para Cu, para Fe, químicos de roca total, dosimásticos para Au-Ag y para Au, 80 determinaciones petrográficas (secciones delgadas) y 2 análisis mineragráficos (secciones pulidas).

El autor, después de 1988 nunca regresó al área del proyecto, por lo cual no se actualizó sobre los cambios ocurridos después de las actividades de la Asociación Económica Internacional (A.E.I.) KWG-GEOMINERA S.A. (1994-1998), de modo que, apenas por la reciente información publicada por Grainger C. J. (2022, 2023 a, b) pudo actualizar su conocimiento, incluyendo también las fotos que muestran las rocas de alteración pervasiva de rocas intrusivas y los tipos de venillas característicos de los sistemas porfídicos. El presente artículo estaba casi listo para publicar con un modelo de yacimiento esperado distinto al que aquí presentamos, atendiendo al hecho obvio, del desconocimiento del ambiente porfídico claramente existente. Ya el autor había revisado toda la información disponible hasta Alonso-Díaz et al, (2003). El modelo que presentamos al final, tiene en cuenta lo descrito por Grainger.

En 1993 comenzaron las negociaciones con compañías canadienses interesadas en desarrollar trabajos de reconocimiento para oro, siendo este uno de los sectores de mayor prioridad en aquel entonces, dada la presencia ya establecida de dicho metal, además de una situación geológica favorable para la ocurrencia de concentraciones significativas del oro de tipo "epitermal" (Alonso-Díaz et al, 2003). En 1994 fue creada la A.E.I. Republic Goldfield Inc.&Geominera S. A., con el objetivo de desarrollar trabajos de Prospección a riesgo en diferentes sectores del territorio de la República de Cuba, entre los que se incluyó el sector Gaspar. La Compañía Republic Goldfield Inc., se retiró de Cuba en agosto de 1995, siendo transferidos los proyectos de investigación, así como todos los derechos a la Compañía, también canadiense KWG Resources Inc., la cual conjuntamente con Geominera S. A. constituyeron una nueva asociación económica para proseguir los proyectos antes mencionados. Durante la segunda mitad de 1995 y la primera mitad de 1997, el territorio que ocupa el área de investigación Gaspar fue intensamente investigado, desarrollándose un gran volumen de trabajo, una parte significativa de los cuales tuvieron lugar directamente en el prospecto "El Pilar": muestreo de suelo y rocas, trabajos geofísicos terrestres (Métodos eléctricos incluyendo PI por cargabilidad-resistividad), apertura y muestreo de trincheras, perforación rotaria a diamante (29 pozos con 3,611 m) con su documentación y muestreo, perforación rotaria de circulación inversa (159 pozos con 20,799 m) con su documentación y muestreo, trabajos de laboratorio para la determinación de oro, cobre y otros elementos, estudios tecnológicos preliminares y trabajos topográficos de amarre y ubicación de labores.

En octubre de 1997 se concluyó la evaluación preliminar de los recursos de Au y Cu en el sector El Pilar, así como un análisis económico, que resultó ser negativo, de acuerdo con los parámetros que los autores establecieron para el mismo. Entre 1996-1998, se realizaron informes sobre distintos cálculos de recursos de oro de esta asociación (citados en las referencias). El metraje total en pozos fue de 24,410 m, de los cuales el 85.2 % se realizó por el método de circulación inversa. Un número significativo de pozos fue perforado en áreas carentes de interés. Además, 23 trincheras se avanzaron por 4,640 m, con profundidades entre 0.5-2.0 m.

Luego de la retirada de la compañía KWG RESOURCES y la terminación de su asociación económica con Geominera S.A., la empresa Geominera Camagüey, decidió realizar la reevaluación de la información de El Pilar (Alonso-Díaz et al, 2003) para definir la continuidad de los trabajos exploratorios dirigidos principalmente a la localización de las menas oxidadas de oro en este territorio. La información geológica analizada y reelaborada en este proyecto se limitó al área del "prospecto Au-Cu El Pilar". El proceso evaluativo citado, incorporó resultados de un estudio petrográfico y mineragráfico actualizado por un nuevo muestreo (Santa Cruz Pacheco-Sarlabous et al, 1997), un nuevo cálculo de recursos para oro y cobre e incorporó al final un "Estudio

Conceptual" (Pimentel-Olivera et al, 2004). En la ejecución de este estudio se hizo la evaluación económica de los recursos auríferos contenidos en la zona de oxidación de la manifestación. Los autores recomiendan, basados en estos resultados, continuar en etapas sucesivas de trabajo, la exploración en "El Pilar".

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el proceso de estudio se aplicó el método descriptivo de investigación científica, el cual se basa en la revisión, análisis, síntesis y generalización de la información geológica disponible desde 1988 hasta 2023, sobre el establecimiento de las condiciones geológicas, geoquímicas, geofísicas y de las alteraciones minerales y mineralización metálica en el área de desarrollo del sistema epitermal - porfídico San Nicolás-El Pilar-Gaspar, del territorio de Ciego de Ávila, en Cuba Central Este. Se tuvieron en cuenta las fases heurística y hermenéutica del procesamiento de información. La fase heurística consistió en la búsqueda y recopilación de todas las fuentes de información disponibles para la consecución del objetivo planteado, considerando los estudios geológicos de diferentes épocas que involucran el territorio, incluyendo, además, los resultados de investigaciones de otros autores en otros yacimientos del mundo. La fase hermenéutica consistió en la clasificación, análisis, síntesis e interpretación de las diferentes fuentes bibliográficas consultadas, permitiendo sistematizar la información obtenida, con el objeto de definir el modelo para el yacimiento, de acuerdo con el conocimiento actual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Geología

En los límites de la región de estudio se distinguen 2 complejos rocosos que responden a 3 pisos estructurales bien definidos: el Piso estructural inferior del Cretácico que comprende: a) Complejo vulcanógeno-sedimentario del Cretácico Superior y b) Complejo intrusivo del Cretácico Superior; el Piso estructural medio, correspondiente al Neógeno, representado por el complejo sedimentario miocénico. Por último, el Piso estructural superior del Cuaternario (R. Lugo-Primelles, C. Ferrer, A. Barroso-Betancourt, et al., 1988), mapa geológico (Figuras 2 y 3).

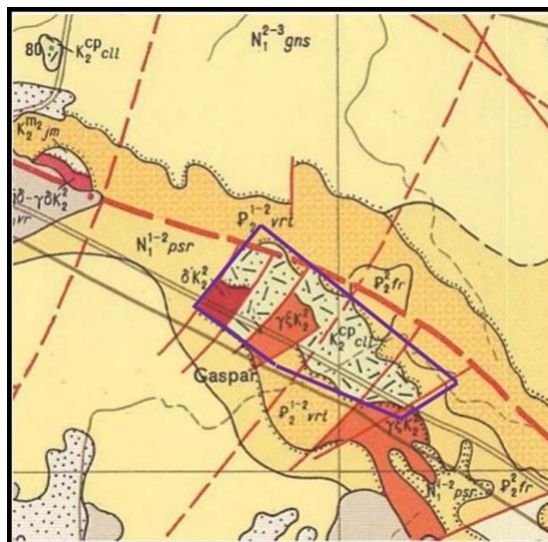


FIGURA 2. Territorio del Sistema epitermal-porfídico Au-Cu San Nicolás-El Pilar-Gaspar y sus alrededores, porción del mapa geológico escala 1:500.000 (Linares et al, 1985). El polígono púrpura engloba la Fm. Caobilla, huésped de la mineralización

El complejo vulcanógeno sedimentario del Cretácico Superior está representado por la Formación Caobilla (K²co-cp) a la que pertenecen las lavas y lavas brechas riódacíticas, dacíticas, dacito-andesíticas y andesíticas; xeno-lavas dacíticas, dacito-andesíticas y andesíticas; tobas y xenotobas de composición dacítica, dacito-andesítica y andesítica y tufitas. Todo este complejo rocoso se presenta estratificado, con los mantos de lavas y sus tobas intercalados, reflejando la existencia de muchos ciclos efusivos-explosivos de la actividad volcánica, a partir de 2 centros volcánicos principales, situados en las 2 pequeñas elevaciones más prominentes, San Nicolás y El Pilar y otros más pequeños, cuyos núcleos están compuestos por riódacitas, dacitas y lavas brechas dacíticas (Lugo-Primelles et al, 1988), (Figura 3, leyenda en Figura 4).

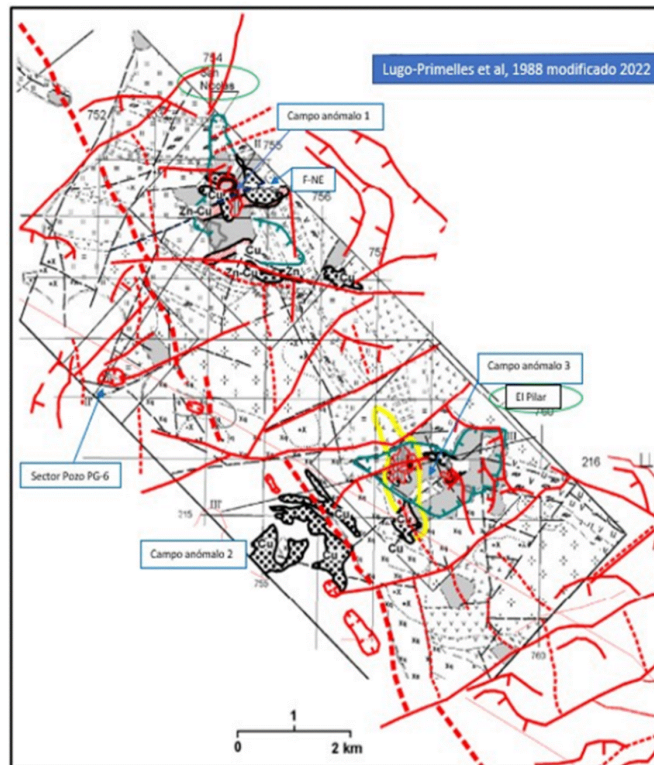


FIGURA 3. Mapa geológico original 1:25.000 (Lugo-Primelles et al, 1988), modificado con anomalías geoquímicas propias y por KWG, además de interpretación estructural por Capote-Marrero et. al (2002), modificado en 2022

Para el estudio mineralógico y del metasomatismo de las rocas del área de prospecto El Pilar, se tomaron muestras de 2 pozos paramétricos perforados por la compañía KWG Resources Inc. Los pozos estudiados detalladamente fueron KGP-50 y KGP-51, el primero perforado hasta 185 m y el segundo hasta 291 m. En ellos se determinaron flujos piroclásticos riolito-dacíticos y andesíticos representados por tobas desde muy finas hasta lapílicas, en general con componente vítreo, frecuentemente soldadas.

Participan también flujos de lavas con fragmentos (lavobrechas) de composición andesítica, así como lavas dacíticas. En el pozo KGP-51 se observó, hasta alrededor de 150 m, un patrón litológico y procesos de alteración semejantes al pozo 50 (Milia I., et al., 2001), a partir de esa profundidad se observan los siguientes cambios: Hasta aproximadamente 230 m tobas líticas soldadas, lapílicas de composición andesítica a andesito-dacítica. A continuación, hasta alrededor de 240 m, lava dacítica de textura porfírica en matriz félsica a micropoiquilítica de cuarzo con microlitos de plagioclasas y en cantidades accesorias esfena, leucóxeno, sulfuros y ortita. A partir de esa profundidad hasta el final del pozo (291 m) lavo brechas andesíticas.



FIGURA 4. Leyenda del mapa geológico modificado (Lugo-Primelles et al, 1988 figura 3) por Capote-Marrero et al (2002) y Lugo-Primelles (2022)

Es abundante la presencia de plagioclasas en fenocristales, ocasionalmente se observan microfenocristales de cuarzo, la matriz contiene un agregado cuarzo feldespático con microlitos de plagioclasas y, además, se encuentran fragmentos de rocas oscuras andesito-basálticas. La plagioclasa está albitizada y tanto en los fenocristales como en la matriz, hay sustituciones por epidota, calcita, sericita y clorita, estos minerales se encuentran también en rellenos y se observó también apatito metasomático.

El complejo intrusivo del Cretácico Superior, tiene amplia representación en el sector, se supone por algunos, que es la continuación hacia occidente del cinturón intrusivo que va desde Las Tunas, con rumbo paralelo al eje de la isla hacia el occidente, en la llamada dirección Cuba (110°-120°), aun cuando existen notables diferencias en relación con los campos físicos regionales estudiados, separados por la zona tectónica "Algarrobo" (Figura 5). Fueron diferenciadas las rocas del complejo granodiorítico (dioritas cuarcíferas, granodioritas, granitos leucocráticos y fase de diques) y del complejo gabroplagiogranítico (tonalitas, tonalitas cuarcíferas, plagiogranitos y plagiogranitos porfiroideos (Lugo-Primelles et al, 1988, Figura 3).

Las secuencias rocosas, en su parte superior están fuertemente alteradas a la facies cuarzo-alunitica-sericitica y la hematización es desde intensa hasta moderada en forma tanto diseminada en la masa de la roca de alteración, como en forma de vetillas en *stockwork*, lo cual le confiere a la roca alterada, una coloración de rojo-púrpura-violácea hasta rosada, que en combinación con la limonita y la jarosita, que de forma subordinada también están presentes, conjuntamente con la intensa caolinización, producen agregados arcillosos de color amarillo fuerte hasta tonos anaranjados, que aparecen ocasionalmente dispuestos en forma bandeada (Lugo-Primelles et al, 1988).

El complejo sedimentario miocénico está representado por la Formación Paso Real N1¹⁻², con amplia distribución areal en los límites del sector, conformada por un delgado paquete de rocas sedimentarias areno-arcillosas, calizas y margas con estratificación cuasihorizontal, de espesor variable entre 3.5-22.0 m. La cobertura cuaternaria cubre prácticamente el 80 % de la superficie investigada. Se distinguen los sedimentos depositados sobre las rocas intrusivas con color rojo ladrillo en diferentes tonalidades, representados por arcillas arenosas, arenas fangosas y suelo arcilloso laterítico, con perdigones de Fe que alcanzan 4.0-5.0 m de espesor. En el resto del área aparecen sedimentos de origen aluvial, deluvial y eluvio-deluvial, cuya potencia alcanza los 3.0-4.0 m.

La zona se distingue por una tectónica muy compleja por la manifestación predominante de dislocaciones disyuntivas que afectan la mayor parte de los complejos rocosos presentes. La principal estructura disyuntiva presente es la falla regional de rumbo NO, aquí con expresión fragmentada en superficie. Las siguientes fallas, de carácter sinarco, tienen rumbo NE y son más frecuentes.

Geoquímica y geofísica

El estudio de anomalías geoquímicas en suelo reveló 3 campos anómalos (Lugo-Primelles et al, 1988). El campo anómalo No.1 se encuentra al sur del sector San Nicolás, su contorno externo lo conforman anomalías débiles de Cu y el epicentro está caracterizado por anomalías de Cu (0.2-0.3%), Zn (0.005-0.01%) como se muestra en la Figura 3. Las áreas anómalas coinciden con rocas metasomáticas de color violáceo, con anomalías magnéticas negativas (-500 gammas), así como con algunas anomalías de PI. El campo anómalo No.2 se encuentra en la porción SO del sector, asociado al contacto de las secuencias de Caobilla con el macizo intrusivo, con zonas de alteración representadas por la facies cuarzo-caolinítica-alunítica, hematitizada y limonitizada. Está conformada por una gran anomalía de Cu (0.01-0.05%) con máximos valores de 0.2%. Coincide con una gran anomalía magnética (-500 gammas) y con anomalías de PI (3 - >5 mV/V de cargabilidad).

El campo anómalo No.3 se ubica en la porción SE del sector (El Pilar), representado por anomalías complejas de Cu y Zn, el Cu constituye el epicentro con intensidades medias de 0.01-0.02% y está ubicado completamente por rocas diorito-cuarcíferas en su mayor parte recubiertas, transgresivamente, por las rocas sedimentarias. Esta anomalía quedó abierta al S del sector. Los valores de oro en suelos según resultados de KWG-Geominera (Abolins 1996, Burns 1996 a, b, Roque-Marrero 1998) varían desde 10 hasta 3000ppb. En el sector oeste de El Pilar, la orientación de la anomalía de forma general tiene un rumbo NE quedando abierta hacia el noroeste, donde la perforación demostró la ausencia de mineralización en profundidad, pero en trincheras si se interceptaron contenidos de oro por encima de 0.3g/t, por lo que se considera mineralización redepositada. Su rumbo coincide de forma general con el relieve y a su vez se aprecia coincidencia espacial y de orientación con los mapas geofísicos de Cargabilidad y de Resistividad (Alonso-Díaz et al., 2003).

Por otra parte, se revelaron dos anomalías primarias que coinciden con los campos anómalos 1 y 2 (Figura 3). La forma irregular de las anomalías obedece en gran medida al carácter irregular en la distribución de los pozos de mapeo, así como algunos pozos de búsquedas y afloramientos (Lugo-Primelles et al, 1988). La anomalía 1 coincide espacialmente con el campo 1 y está asociada a secuencias efusivas alteradas en el sector San Nicolás. Tiene valores de Cu (0.1-0.01%) y Zn (0.2-0.01%), no aparece Ba y Co que fueron revelados en la anomalía exógena. Sus dimensiones son de 2.0 x 0.5 km; su forma irregular está en gran medida condicionada a la presencia de una falla de dirección NE-SO (ver mapa geológico, figura 3) que aparentemente divide la zona San Nicolás en dos bloques, norte y sur, presentando el norte un mayor grado del nivel de erosión con respecto al sur. Coincide con una gran anomalía magnética (-500 gammas) y con anomalías de PI. La anomalía 2 coincide con el campo anómalo 2; es bielemental de Cu (0.1-0.01%) y Zn (0.004-0.01%), sus dimensiones alcanzan 1.0 x 0.9 km. Se relaciona con anomalías magnéticas negativas y con anomalías de PI.

Según Milia et al. (2001), la geoquímica de las rocas de la Formación Caobilla indica que son calcoalcalinas con tendencia sódica y que presentan cierto carácter tholeítico, no determinado en otras rocas de la región, salvo, en alguna medida en la Formación Piragua, fuera del territorio. Este carácter tholeítico en rocas calcoalcalinas sugiere un paso gradual de un tipo de lava al otro. Los patrones de tierras raras con respecto a los condritos y los valores de la relación La/Yb confirman la pertenencia al grupo calcoalcalino, observada en el quimismo de los elementos

mayoritarios. Estos patrones son semejantes para las vulcanitas y los intrusivos asociados con ellas. La relación Th/U en algunas muestras sugiere la posibilidad de cierta contaminación con materiales continentales en la fuente magmática y de las relaciones entre Sm/Hf y Hf/Nb se infiere la presencia de sedimentos pelágicos en dicha fuente. Ambas contaminaciones están en concordancia con la subducción de una corteza oceánica más vieja y la aproximación del sistema de arco a terrenos del continente americano en la época de la erupción de las lavas calcoalcalinas en el cretácico tardío.

En el sector El Pilar, los resultados de Resistividad muestran una anomalía de configuración regular de máximos intensos en el área de la zona mineralizada que coincide con la anomalía de Cargabilidad y ambas coinciden en posición y dirección con la anomalía geoquímica y con la configuración del relieve. Un trabajo de gran importancia de Pérez et. al. (1998) en el ámbito geofísico regional, consistió en el procesamiento de toda la información gravimétrica y aeromagnética de las provincias Ciego de Ávila-Camagüey-Las Tunas, utilizando para ello sistemas y transformaciones confiables en el ámbito geofísico (GEOSOFT). Estos permiten revelar elementos nuevos acerca de la geología de la región y conformar una interpretación geólogo-estructural de toda el área a escalas 1:250 000 y 1:100 000 respectivamente que sirven de apoyo a la confección de los mapas geológicos del territorio a dichas escalas y además son utilizados en los trabajos de generalización geológica como base para la interpretación tectónica de la región. Como resultado, se distingue que los macizos intrusivos al oeste de Camagüey provocan una respuesta de anomalías magnéticas intensas y máximos intensos de anomalías de Bouger, al oeste de la zona tectónica "Algarrobo", figura 5, hacia el territorio avileño.

La tectónica del territorio se refleja muy bien en los campos físicos, observándose dos sistemas de alineamientos principales: uno de dirección ONO al NO (la llamada dirección cubana) y otro de dirección próxima al NE (p.ej., fallas Santa Rosa y San Rafael) ambos considerados de carácter sinarco. Otros sistemas menos importantes como el sistema N-S se evidencian menos claramente y tiene carácter neotectónico, para algunos, el autor incluido, al menos parte son sinarco.

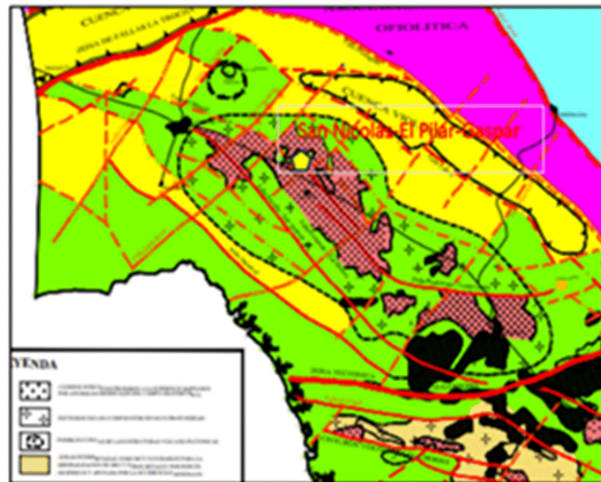


FIGURA 5. Sector noroeste del esquema de interpretación geólogo-estructuro-tectónica de los datos geofísicos. Región Ciego de Ávila, con modificaciones (E. Pérez, H. Pimentel, R. Lugo-Primelles, M. Pardo et al, 1998). Con un polígono dorado se destaca la región del sistema mineralizado San Nicolás-El Pilar-Gaspar

Nelson (1988), en su artículo establece diferencias primordiales entre los yacimientos epitermales de metales preciosos de tipos manantial termal, bonanza y Carlin, pero estos últimos ni tampoco los primeros, son objeto de análisis aquí. El modelo tipo bonanza que presentamos (Figura 6), fue en un inicio el elegido por nosotros para el estudio del sistema epitermal, pero

a la luz de los datos actualizados, ya no se corresponde exactamente con la situación presente, es solo parte de ella. No obstante, es preciso traer a colación los planteamientos de Nelson que argumentan la potencial presencia de este tipo de mineralización somera que aquí, consideramos, aparece ensamblada con el ambiente porfídico, presumiblemente de manera profunda.

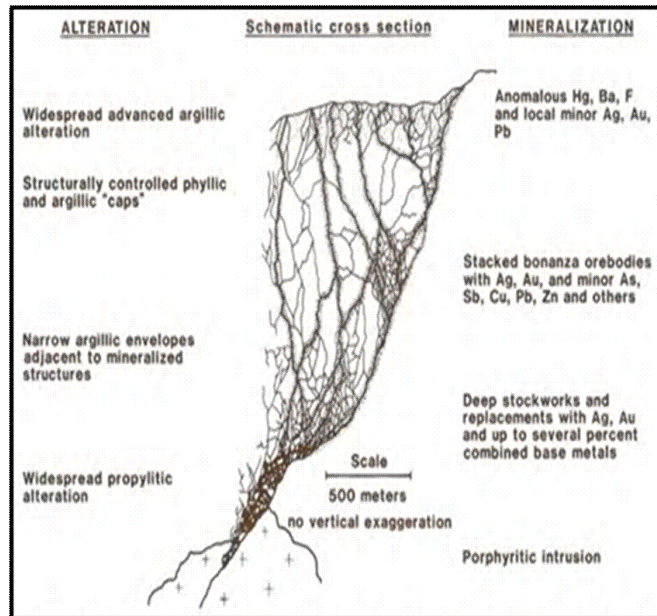


FIGURA 6. Modelo epitermal de oro de sulfuración baja tipo bonanza (Nelson, 1988)

Consideramos importante plantear que es útil contrastar los depósitos de tipo manantial termal con los depósitos de tipo bonanza más conocidos. Ambos tipos ocurren en sistemas geotérmicos fósiles; ambos consisten en brechas mineralizadas y stockworks de vetas; y ambos son por lo general, pero no exclusivamente, albergados por rocas volcánicas. Las diferencias entre los dos tipos de yacimientos se relacionan principalmente con la profundidad de mineralización, mayor para las bonanzas. La alteración propilítica, por ejemplo, está muy extendida en los depósitos de bonanza, pero está débilmente desarrollada o ausente en los depósitos de manantial termal. La alteración argílica puede estar muy extendida en ambientes de manantial termal mientras que, en sistemas erosionados de bonanza bajos en azufre, se restringe a "casquetes" de alteración mixta fílica y argílica (es lo que observamos en el sistema que estudiamos aquí). El enriquecimiento general en los miembros del conjunto de oligoelementos epitermales también varía significativamente. Los depósitos de manantial termal contienen mayor contenido total de As, Sb, Hg y Tl. Los depósitos de Bonanza contienen más Cu, Pb, Zn y, en general ocasionalmente tienen más altos contenidos del feldespató potásico (como adularia) se presenta con cuarzo en stockworks de vetas y, más profundo en el sistema, como reemplazos a lo largo de conductos de fluidos hidrotermales. Los reemplazos profundos de feldespató potásico se han confundido con riolita en varios yacimientos epitermales de oro.

Estos reemplazos penetrantes contienen tenores de oro y metales base elevados: Nelson (1988), también expone que, para esa época, se han estado descubriendo depósitos de oro de tipo manantial termal en el oeste de los Estados Unidos a un ritmo de uno por año. El depósito promedio que muestra en su trabajo, contiene 5 millones de toneladas con una ley de 0.12 opt (3.73 g/t) oro para una reserva total de 0,6 millones de onzas. Pronosticó que nuevos descubrimientos, tanto en el oeste de Estados Unidos como alrededor del borde del Pacífico, se aceleren a medida que el énfasis en la exploración continúa enfocándose en depósitos de metales preciosos explotables generalmente a bajo costo y se ha venido cumpliendo.

Es preciso añadir a estas consideraciones, que los resultados de los muestreos de KWG-Geominera (Abolins, 1996, Burns 1996 a, b) para oro, establecieron un número alto de valores huracanados: 49 muestras huracanadas, 37 en la mineralización profunda y 12 en la superficial en el caso del oro; para el cobre, no existieron valores huracanados. En las muestras de la mineralización superficial, los valores huracanados oscilaron entre 30.07 y 284.7g/t Au, sustituyéndose los mismos por un valor de corte de 29.16g/t para el cálculo de los recursos. En la mineralización profunda, los contenidos de oro variaron entre 28.11 y 219.29 g/t, y fueron sustituidos por un valor de corte igual a 27.59 g/t Au (Alonso-Díaz et al, 2003), además que los cuerpos minerales auríferos, "superficiales y profundos" ofrecen tenores promedio de 1.77 g/t Au, 1.95 g/t Au. Esto indica, como se conoce de numerosos ejemplos en el mundo, que se debe esperar una mineralización más rica a la profundidad. Las anomalías geoquímicas reveladas también, tanto en 1988 como en 1996 como se vio arriba, apuntan al tipo bonanza.

Procesos de alteración y mineralización

En el territorio se observan diferentes desarrollos de alteraciones secundarias. Están presentes tanto los procesos de metamorfismo de contacto térmico, como los procesos metasomáticos hidrotermales de SiO₂ y CO₂. Como producto del metamorfismo de contacto térmico se observan rocas skarnoides de tipo cuarzo-epidota-anfibol-clorítica, cuarzo-clorita-epidótica, clorita-carbonato-cuarcífera mineralizadas (óxidos de Fe), cuarzo-hidrobiotita-anfibolítica y cuarzo-epidota ± calcítica en los intrusivos cortados por las perforaciones y su exocontacto. La presencia de metasomatismo de CO₂ se ha observado en los granitos gráficos, con una paragénesis clorito-carbonática y en menor porcentaje sericita-epidótica, con 3-5 % de magnetita oxidada + pirita diseminada (Lugo-Primelles et al., 1988).

Los procesos metasomáticos de SiO₂ son los más difundidos (Lugo-Primelles et al., 1988), teniendo como exponentes principales las cúpulas extrusivas de San Nicolás y El Pilar, donde se presentan las siguientes facies: monocuarcitas, cuarzo-alunita-sericita y alunita-cuarzo-sericita, las cuales pertenecen a la facies argílica avanzada; en tanto hacia la profundidad se han caracterizado las paragénesis de alteración: cuarzo-sericita-clorita ± caolinita, cuarzo-clorita-caolinita-sericita y cuarzo-clorita-sericita-arcillosa, que caracterizan las facies de alteración conocidas como de sulfuración intermedia. En los sectores San Nicolás y El pilar, así como en Gaspar fue revelada la presencia del oro asociado a estas metasomatitas (Lugo-Primelles et al, 1988). En este trabajo nunca se definió la presencia de adularia en el sistema y tampoco la calcopirita.

Abolins (1996) en su informe señala que "fueron identificadas tres áreas de rocas intensamente alteradas con stockworks de cuarzo que contienen valores de Au de hasta 32.5 g/t en rocas volcánicas ácidas alteradas: lavas intermedias a ácidas y tufitas de la Fm Caobilla. Las rocas fueron afectadas por una serie de intrusiones dioríticas a granodioríticas. Se aprecia una típica alteración epitermal de las rocas volcánicas, relacionadas con las cotas altas y representadas por zonas de stockwork con cuarzo, sericita y adularia con mineralización pirítica aurífera. Las áreas anómalas alteradas más significativas en el área en cuanto a la mineralización se refieren son: San Nicolás - El Pilar - Gaspar I - Caolín Gaspar". Este último sitio es una pequeña cantera que se explota como materia prima para cemento blanco, fuera del territorio de estudio original de 1988 (n. del a.).

El hecho que haya sido determinada la presencia de la adularia en el sistema, indica que debemos desviar la atención hacia la presencia de un sistema epitermal de sulfuración baja (tipo cuarzo-adularia-sericita) en las partes someras del sistema complejo, donde no es infrecuente la presencia de un casquete de alteración argílica avanzada en el tope del mismo. Se conocen modelos variados de diversos autores que así lo definen como, por ejemplo, el modelo de bonanza de Nelson (1988), ver figura 6 arriba.

En el pozo KGP-50 (avanzado por KWG Resources Inc.) la columna metasomática tiene el siguiente comportamiento de abajo hacia arriba (Milia I., et al., 2001): Alteraciones hidrotermales correspondientes a una asociación cuarzo-clorita-sericita con buena cristalización de las escamas de clorita y sericita que transicionan hasta moscovita. Con esta asociación se presenta apatito metasomático. Hacia arriba se distingue la asociación cuarzo-sericítica con caolinita intersticial y muy poca presencia de clorita cuya cristalinidad ha ido disminuyendo al disminuir la profundidad y en las zonas someras la asociación cuarzo-caolinítica, sometida a erosión. El conjunto de los cambios metasomáticos indica que se perforó en una zona donde predomina la alteración argílica intermedia. En esta alteración se observó una gradual disminución de la cristalinidad de los minerales hojosos al disminuir la profundidad y la sustitución por fase de estructura interlaminar más sencilla, hasta terminar, en la superficie, la caolinita acompañando al cuarzo. A niveles inferiores a 150 m se observó alteración propilítica. El corte erosivo es intenso, especialmente en la zona central.

Mineralización aurífera y cuprífera

Los estudios realizados en su totalidad permiten establecer que la mineralización aurífera tiene lugar mayormente por encima del horizonte 0.0m (aproximadamente 50m desde la superficie Alonso-Díaz et al, 2003) donde se manifiesta la zona intemperizada y oxidada de la manifestación, mientras que por debajo de esta los intervalos con mineralización de oro decrecen, observándose una relación más directa del metal con la presencia de cuarzo y mineralización sulfurosa. No fue posible establecer criterios tectónicos ni litológicos precisos para el control de la mineralización (la perforación por circulación inversa lo ha impedido, Alonso-Díaz et al, 2003) pero, aun así, se observa cierta relación de la mineralización de oro a las zonas con presencia de cuarzo, pirita y hematización.

La mineralización de cobre tiene lugar tanto en forma de una zona de calcosina diseminada asociada a la interfase del nivel de las aguas subterráneas (manto de enriquecimiento secundario, n. del a.) o como vetillas de cuarzo - calcopirita en los volcánicos alterados (¿el stockwork de la bonanza?, n. del a., nota del autor). La presencia de calcosina tiene lugar entre una profundidad vertical desde 35 hasta 50m, alcanzando hasta 10m de potencia. Los intervalos con contenidos elevados de cobre se presentan de forma más constante en comparación con la distribución del oro, siendo posible correlacionarlos obteniéndose cuerpos minerales con configuración más estable; aquí tampoco es posible determinar si existe algún tipo de control tectónico para este tipo de mineralización por el mismo motivo descrito en el caso de la mineralización aurífera (Alonso-Díaz et al, 2003).

La alteración hidrotermal está presente casi de forma permanente acompañando a las zonas mineralizadas y muy frecuentemente fuera de estas: en superficie está casi generalizada la caolinización, la que también aparece en los pozos. La silicificación se presenta de forma frecuente e irregular. La cloritización está casi generalizada por debajo de la zona de oxidación, en ocasiones acompañada por epidotización, dentro de esta zona la cloritización frecuentemente se enmascara por los productos de la oxidación (Alonso-Díaz et al, 2003); típico de los yacimientos tipo bonanza (n. del a.).

Macroscópicamente se describe como mineral metálico de mayor difusión la pirita, apareciendo fundamentalmente diseminada en granos finos, nidos y en menor grado vetítica. La calcopirita por su parte, se localiza por debajo de la zona de oxidación (la calcopirita es el sulfuro de cobre predominante en los depósitos epitermales de sulfuración baja que, en ocasiones de forma esporádica aparece acompañada de enargita como accesorio. Por el contrario, en los yacimientos de sulfuración alta la enargita y su familia mineral (luzonita) son el sulfuro predominante en vetas, stockworks y cuerpos masivos de remplazamiento, mientras que la calcopirita está ausente (n. del a.).

Descripción de los cuerpos minerales de oro y cobre

La mineralización aurífera en El Pilar se manifiesta en cuerpos minerales superficiales limitados convencionalmente hasta la profundidad de 2m, que incluyen menas oxidadas primarias, en ocasiones unidas a menas redepositadas, estas últimas son intervalos que no tienen continuidad en profundidad (según [Alonso-Díaz et al., 2003](#)). Se definieron tres bloques minerales, además de pequeños bloques aislados.

La mineralización profunda comprende aquellos cuerpos minerales definidos por la interpretación de las intersecciones minerales de pozos correlacionadas entre sí con apoyo en los datos de superficie aportados por las trincheras, por debajo de los 2.0m. Se contornearon 10 cuerpos minerales con yacencia desde subhorizontal hasta con ángulos de buzamiento de 70° (CM-2), generalmente en dirección SE. De ellos, tres cuerpos, CM1-69%, CM8-8% y CM4-7%, suman 84% del total de los recursos. ([Alonso-Díaz et al., 2003](#)).

Los cuerpos minerales de cobre tienen configuraciones más estables que los de oro arriba mencionados. Se conformaron tres cuerpos minerales, de los cuales los cuerpos CM-A y CM-C contabilizan casi el 100% de las menas. Las menas cupríferas, se solapan con las menas auríferas en los horizontes someros y se localizan, en general, a mayor profundidad que las de oro hasta los 120m, según los datos de que se dispone ([Alonso-Díaz et al., 2003](#)).

Los autores del informe citado arriba, luego de delimitar y diferenciar en la interpretación geológica los cuerpos minerales de oro y cobre, señalan constatar que la relación del oro y del cobre se muestra de cuatro formas: En la parte superior del corte, donde no se duda de la presencia de la zona de oxidación, se observan intersecciones de oro sin cobre; en este caso, la ausencia del cobre se explica debido a su posible lixiviación y migración a niveles más profundos de esta zona, el manto de enriquecimiento secundario (n. del a.). En los niveles profundos, donde se descarta la presencia de la zona de oxidación se observan con frecuencia tres casos: Presencia de oro conjuntamente con cobre; presencia de cobre sin oro (este caso es evidente en todos los perfiles estudiados) y, presencia de oro sin cobre.

De esta forma [Alonso-Díaz, et. al. \(2003\)](#) plantean que el oro presenta un comportamiento independiente del cobre, aunque en algunos casos coincida con este, lo cual se pudiera explicar por la ocurrencia de procesos independientes de mineralización. Si se definiera que la existencia del oro se debe a un proceso de diferenciación de una mineralización original cupro-aurífera en la zona de oxidación, como se planteó por los geólogos de KWG, habría que esperar una mayor presencia de oro asociado al cobre en los niveles profundos y no se podría explicar la presencia de intersecciones minerales de oro sin cobre a estas profundidades. Es por ello que consideran que en algún momento la mineralización de oro se depositó de forma independiente a la de cobre, sin descartar que parte de esta pudo haber acompañado a la mineralización cuprífera primeramente formada. La mineralización aurífera de esta manera pudo formarse en condiciones de baja temperatura, superponiéndose a la cuprífera de posiblemente más alta temperatura (ambiente epitermal sobreimpreso al porfídico, n. del a.).

Es nuestra opinión que, los argumentos planteados por [Alonso-Díaz et. al.](#), son congruentes con el modelo de yacimiento esperado que hemos ido esbozando a través de este documento. Esto es decir que, el emplazamiento de la mineralización epitermal más somera tipo bonanza, por la que se aboga, trajo consigo un aporte principal de oro y cierta cantidad de cobre, prueba de ello es que el estudio realizado por la A.E.I. KWG-Geominera S.A., no sobrepasa los 200m por la vertical, mientras que estamos hablando de un sistema epitermal que puede alcanzar 2000m en profundidad. El cobre que se espera en mayores contenidos deberá encontrarse a profundidades mayores donde el ensamble telescópico del sistema bonanza se mezcla más con el porfídico. De igual modo debemos añadir dos aspectos de principal interés: no se ha alcanzado aún la mineralización de bonanza: no hay altos tenores de Au y Cu que podrían estar asociados a importantes tenores de Ag y Zn en principio y quizás otros elementos, según marcan las

anomalías geoquímicas en superficie; así como tampoco se han alcanzado los niveles porfídicos, porque no se ha distinguido la alteración potásica (ni biotítica ni feldespática), aun cuando el nivel de ensamblaje telescópico parece relativamente profundo. Tampoco se puede considerar que la alteración fílica omnipresente sea un precursor de la cercanía del pórfido a profundidades someras, ya que se conoce que en los yacimientos tipo bonanza esta es la alteración de mayor desarrollo (Nelson, 1988), entre la que se separan "manchones" de rocas de alteración argílica avanzada y argílica y, tal es el caso que nos ocupa.

La mineralogía de la mena de El Pilar además de sus anteriores descripciones macroscópicas, se ejecutó al microscopio (Santa Cruz Pacheco-Sarlabous et al. 1997) mediante un grupo importante de secciones pulidas, donde el estudio microscópico determinó variedades mineralógicas tales como: calcopirita, calcosina, covelina, enargita, oro nativo, krennerita (teluro de oro), aurocuprita, limonita (goethita, hematita), emplazados en rocas volcánicas alteradas intensamente, pertenecientes a la formación Caobilla. Por las observaciones realizadas se pudo dividir el proceso de mineralización en diferentes eventos. Un primer pulso hidrotermal relacionado con las alteraciones hidrotermales de la roca de caja, conjuntamente con diseminaciones de sulfuros principalmente pirita; un segundo pulso hidrotermal caracterizado por la asociación más importante calcopirita-covelina-pirita-oro-enargita-teluro; y una fase hipergénica representada por calcosina, goethita y hematita. La forma más abundante del oro es la nativa, se presenta en diseminaciones, con tendencias alargadas. Para el caso de la mineralización de cobre se observa un cierto desarrollo en la zona sur y hacia la profundidad del área de El Pilar. Las texturas observadas son heterogéneas, predominando las granulares, de remplazamiento y coloidales.

Según el estudio petrográfico de 1997 (Santa Cruz Pacheco-Sarlabous et al.), se realizaron determinaciones mineralógicas en pozos para estudiar la zona de alteración argílica (cuarzo, caolinita, arcillas) y difracciones de Rayos X para confirmar y diagnosticar las especies mineralógicas de granos finos. Se determinaron entre los tipos petrográficos: flujos piroclásticos riolito-dacíticos y andesíticos representados por tobas de diferente granulometría, desde muy finas hasta lapílicas, en general con componente vítreo, frecuentemente soldadas y en algunos intervalos como ignimbritas. También, flujos de lavas con fragmentos (lavobrechas) de composición andesítica, así como lavas dacíticas. Los minerales de alteración más desarrollados en estos pozos son: cuarzo-caolinita-sericita-minerales arcillosos-hidromicas-goethita, atribuidos en parte a la zona argílica intermedia. Expresan que con el aumento de la profundidad se incrementa el contenido de clorita y se observan los minerales secundarios característicos de la zona propílica. No mencionan la presencia de adularia en su trabajo.

Potencial de los recursos

Lugo-Primelles et. al. (1988), establecen en su informe tres áreas con alto potencial para prospección detallada que son las siguientes: Sector San Nicolás (7.7 km²) Sector El Pilar (9 km²) y Zona del Pozo PG-6 (3 km²). En este informe se presentó la primera estimación de recursos pronósticos por 486.8Kg de oro (hasta una profundidad de 50m). La zona del pozo PG-6 se refiere a la presencia de mineralización densamente diseminada de magnetita (hasta > 30% magnetita, con alguna calcopirita acompañante), que en el artículo de Lugo-Primelles (1994) fue considerada como tipo "Porphyry Iron" (según comparación con el yacimiento porfídico de Cu-Au Voia, que se localiza en el llamado Cuadrilátero Aurífero de los Cárpatos Occidentales, en Rumania (Vlad S., 1983).

Lugo-Primelles (1994), en su trabajo presenta un estimado de 16 t Au (514,400 Oz Au) para el sistema epitermal San Nicolás-El Pilar-Gaspar, en la categoría de recursos pronósticos, en base de los resultados del pequeño grupo de pozos perforados en 1986-87 (Lugo-Primelles et. al. 1988) en análisis conjunto con las anomalías geoquímicas primarias y secundarias y la interpretación de los campos físicos medidos. La profundidad adoptada fue de 150m de columna mineral. El énfasis fue dedicado al oro, por lo que la mineralización porfídica potencial no fue destacada.

KWG-GEOMINERA, establece varios cálculos de recursos, todos por Smith G., (1996, 1997 a, b, 1998) respectivamente: recursos de oro en suelos, oro en base a pozos y recursos de cobre en base a pozos, resumidos por Alonso-Díaz et al (2003). Se obtuvieron valores ascendentes en cada cálculo posterior partiendo de 1996: los menores de 429Kg Au (suelos) y 2840Kg (oro en pozos), hasta 1998 donde reportan globalmente 3'870.734 t de mena con 3,239Kg (0.84 g/t Au promedio) y 16,650Kg Cu (0.46% Cu promedio).

El último cálculo de recursos, solo para el prospecto El Pilar, fue realizado por Alonso-Díaz et al. (2003). El método de cálculo empleado fue el de los cortes geológicos verticales paralelos. La profundidad máxima definida por pozos para la mineralización fue de 120m. los recursos calculados fueron definidos como Recursos Identificados Inferidos, debido a la insuficiente interpretación geológica de los cuerpos minerales, el modelo incompleto del yacimiento, del desarrollo de las alteraciones, de las estructuras, la base cartográfica, datos de ingeniería geológica e hidrogeología, posible contaminación (salado o lavado, n del a) de las muestras y falta de controles geológicos internos y externos.

En total, Alonso-Díaz et al, (2003), presentan en su informe los resultados siguientes: los recursos de oro superficiales de la manifestación (2m desde la superficie) totalizan 181,740 t de masa mineral con un contenido promedio de 1.77g/t de oro, lo cual representa 322.57 kg de este metal (10,370.63 Oz t). Los recursos profundos totalizan 1'519,434 t de mena con un contenido promedio de 1.95 g/t de oro, lo cual representa 964.38 kg de este metal (95,304.81 Oz t). El total de los recursos de oro asciende a 105,675.44 Oz t en 120m por la vertical. Finalmente, los recursos de cobre totalizan 1'830,522 t de masa mineral con un contenido promedio de 0.80 % de cobre, lo cual representa 14,633.48 kg de este metal.

Interpretación para el modelo de yacimiento

En lo adelante presentamos algunos ejemplos de sobreimpresión de la mineralización epitermal de sulfuración baja sobre el ambiente porfídico de mayor temperatura, que son los menos frecuentes. Los casos más típicos a nivel mundial, sin embargo, se refieren a los yacimientos epitermales de sulfuración alta sobreimpresos a los pórfidos. Un interesante trabajo presenta R. Sillitoe (1988) acerca de la erosión y colapso de los volcanes y su relación con el ensamble telescópico de diferentes alteraciones y mineralizaciones presentes en un mismo sistema complejo. "El ensamble telescópico (telescoping, en inglés), (Sillitoe, 1988), (ver Figura 7) es el proceso de yuxtaposición o sobreimpresión de mineralización temprana y profunda, comúnmente de tipo porfírico, y estilos tardíos, poco profundos, generalmente epitermales de mineralización de metales básicos y preciosos".

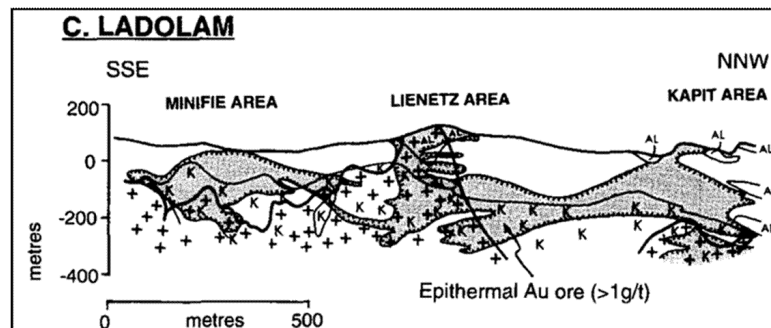


FIGURA 7. Sistema de Cu-Mo-Au de porfírico extremadamente telescópico en Ladolam, isla de Lihir, Papúa Nueva Guinea (original de Sillitoe, 1988, copiado de Moyle et al, 1990, del Plioceno, tomado de Sinclair, 2000) que muestra una sobreimpresión de intrusión monzonítica con alteración silicato-potásica y una zona tabular de mineralización de oro epitermal de sulfuración baja. La lixiviación ácida, aún activa localmente, afecta a las rocas intrusivas y se cree que sobreimpresiona la mineralización de Au.

“El proceso se atribuye a la degradación sinhidrotermal de las paleosuperficies volcánicas, como resultado de la rápida erosión en condiciones pluviales o del colapso del sector (y, menos probablemente, de la caldera) de los edificios volcánicos. Las paleosuperficies pueden descender fácilmente 1 km durante el ~1 m.a. de la vida útil total de los sistemas hidrotermales, lo que lleva a la compresión vertical de cualquier depósito de mineral contenido en al menos 1 km (información complementaria de Sillitoe, 1988).

El colapso del sector puede ser provocado por tumescencia volcánica debido a la intrusión de sinmineralización, y puede ser facilitado por el debilitamiento hidrotermal de los edificios volcánicos. El colapso del sector provoca un ingreso extenso de productos meteóricos y/o agua del océano al ambiente magmático y una disminución en la presión de confinamiento. Esto último puede inducir brechas hidrotermales, ebullición y posible precipitación epitermal de Au, e incluso salida acelerada de fluidos magmáticos”.

Sillitoe, (1988) considera que los sistemas telescópicos poseen un mayor potencial para la existencia de depósitos de tipo pórfido a profundidades inferiores a las normales y depósitos de minerales gigantes. Plantea además que, en sistemas altamente telescópicos, los tres entornos de alteración (pórfido - sulfuración alta - sulfuración baja) pueden observarse dentro de 500 a <100 m uno del otro. Los depósitos de oro que muestran un ensamble telescópico extremo abundan en los arcos volcánicos-plutónicos jóvenes de la región del Circumpacífico y están tipificados en Marte (sulfuración alta), en el norte de Chile y Ladolam (sulfuración baja) en la isla de Lihir, Papúa Nueva Guinea (Figura 7). Los resultados de investigaciones más recientes que tienen que ver con estas características presentadas por Sillitoe, demuestran que estos procesos suceden en cualquier época metalogénica en el marco geotectónico apropiado, como presentamos más adelante.

Sinclair (2000) generaliza en su artículo que zonas de alteración epitermal argílica avanzada (sulfuración alta) y tipo adularia (-sericita, de sulfuración baja) asociados con los depósitos de metales preciosos ocurren por encima o cerca de varios depósitos de pórfidos de Cu y Cu-Mo. Estas zonas de alteración, en lugares, muestran un marcado ensamble telescópico del proceso más antiguo potásico y la alteración epitermal más joven (Sillitoe, 1990; 1993a, b; Moyle et al., 1990; Vila y Sillitoe, 1991; Setterfield et al., 1991; Eaton y Setterfield, 1993; Richards y Kerrich, 1993, todos los autores citados por Sinclair en su trabajo). Los ensamblajes argílicos avanzados incluyen illita, cuarzo, alunita, natroalunita, pirofilita, diásporo y un alto contenido de pirita. Ensamblajes de Adularia (-sericita), con los minerales de cuarzo, sericita y arcilla tienen contenidos más bajos de pirita. Sillitoe (1993 a, en Sinclair, 2000) sugirió que la arcilla argílica avanzada o los sistemas epitermales de tipo de sulfuración alta pueden ocurrir en asociación espacial con depósitos porfídicos de Cu, Cu-Mo, Cu-Au y Au, pero no con depósitos de pórfido Mo y que los Adularia (-sericita) o sistemas epitermales de sulfuración baja, probablemente se formen de fluidos minerales más diluidos y pueden o no ocurrir en la periferia de los sistemas de pórfido.

Así vemos que Lugo-Primelles (2011), manifiesta la presencia de mineralización epitermal sobreimpresa a la porfídica en el yacimiento porfídico de Au-Cu La Cumbre, en Quinchía-Risaralda, Colombia (del Mioceno). Vetas-brechas epitermales de sulfuración baja cortan vetas tipos B y D del pórfido (imagen 1). Esta situación ya había sido planteada en un informe privado anterior del autor, acerca de la transición de los eventos porfídicos hacia los meso- epitermales, en la interpretación de lo observado en los testigos de varios pozos del sector central y luego otros del sector Manzanillo.

La importancia de este hecho es que se involucra directamente en la mineralización porfídica de La Cumbre, con sus evidentes implicaciones económicas. Ello se demuestra tanto por la relativamente abundante presencia de venillas de tipo B que han sido reactivadas y además del cuarzo con pirita y molibdenita, por ejemplo, presentan carbonatos (calcita, dolomita, siderita), fluorita, adularia, calcopirita y esfalerita, ocasionalmente galena, como evidencia hidrotermal, así como porque vetas hidrotermales tardías cortan las vetillas porfídicas (vetas E, imagen 1).

Considera eventualmente, además, que la presencia de la esfalerita puede representar un buen macro indicador para los eventos sobreimpuestos que, a su vez, garantizan el incremento del tenor de oro.

Aranzazu-Hernández (2013), por su parte, describe en su tesis sobre el pórfido de Au-Cu La Cumbre, que el evento epitermal "se encuentra afectando principalmente a las rocas basálticas e ignimbritas que forman el exocontacto del sistema pórfido (es decir hacia la periferia del sistema). Esporádicas vetillas de tipo epitermal, caracterizadas por presentar espacios abiertos, presentan minerales en drusas como cuarzo y calcita y asociados con mineralización característica de este ambiente como son la galena, esfalerita, marcasita, tetraedrita. Se evidencia que hubo un leve evento epitermal que se sobre impuso y afectó al sistema pórfido. La mineralización epitermal es más evidente hacia el norte, en los basaltos y hacia la zona de Dosquebradas. Se observaron vetillas tipo B con molibdenita (del sistema pórfido), con evidencias de reactivación y creación de espacios abiertos con cuarzo, calcita y sulfuros (de metales base, imagen 2). Hacia el sector de la quebrada Granates (sur del yacimiento, n. del a.) en tobas de cristales se observó esfalerita diseminada en la roca y en varios pozos se observaron venillas de esfalerita variedad blanda "acaramelada".

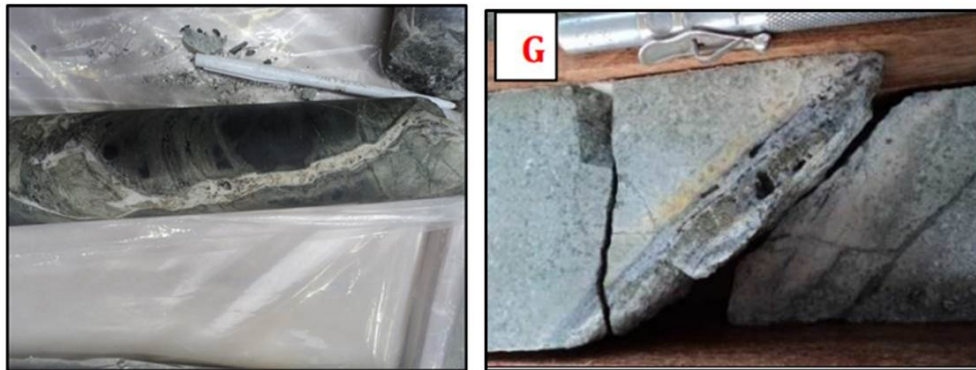


IMAGEN 1. izquierda- Intersección 302.5m, pozo-018, veta de brecha epitermal (tipo E) que corta vetillas B y D porfídicas, del pórfido La Cumbre (Lugo-Primelles, 2011).

IMAGEN 2 derecha- Segmento del pozo-017 (113M) mostrando venilla epitermal E, con asociación paragenética Qz+Py+Cpy+Mo+Ca, en toba de cristales con aparente textura porfírica (Aranzazu-Hernández, 2013)

Grainger C.J., (2022), expresa en su comunicación, que las superficies expuestas tanto en El Pilar como San Nicolás, son casquetes de lixiviación fílica de una agrupación de centros porfídicos de cobre - oro. Considera que todos los sistemas de pórfidos en ambientes tropicales, se lixivian en la superficie debido a la amplia cantidad de pirita que se oxida y libera los metales (el cobre en este caso) hacia abajo desde el saprolito oxidado hacia el límite con la roca fresca, que el objetivo es alcanzar el núcleo potásico de los sulfuros primarios de cobre - oro del sistema porfídico in situ. Plantea el criterio que dada la magnitud de las zonas de alteración fílica en superficie, tanto en El Pilar como en San Nicolás, el tamaño potencial de los cuerpos mineralizados porfídicos de cobre - oro pueden sobrepasar fácilmente los 500Mt, indicando que resultan un objetivo porfídico de alto porte y a la vez, una oportunidad de exploración excelente.

Como demostración de sus planteamientos, presenta un grupo de fotos y las compara con el yacimiento porfídico de Cu-Au de clase mundial Grasberg, Indonesia, que fue en su momento, la mayor mina de oro y tercera mina de cobre del mundo (imágenes 3 y 4 de El Pilar).



IMAGEN 3. izquierda- Venillas tipo B en dioritas con alteración fílica sobreimpresa pervasiva, El Pilar.

IMAGEN 4 derecha- Venillas tipo A en intrusivo con alteración fílica sobreimpresa pervasiva, El Pilar. (Grainger, 2022)

Finalizando noviembre de 2023, el autor revisó comunicados más recientes de Antillas Gold (Grainger, 2023, January, Grainger, 2023, July), en los que se hace referencia a perforaciones realizadas en el prospecto El Pilar y los resultados altamente satisfactorios para cobre y, especialmente para oro a relativamente poca profundidad. Estos resultados confirman que esos altos tenores mayores de 10g/t Au y cobre mayores de 2% y 5%, en rocas de alteración sericito-cloríticas (de sulfuración intermedia) por espesores de decenas de metros, deben ser asignados al tipo de mineralización epitermal de bonanza, la cual se halla en ensamble telescópico profundo con el ambiente porfídico. Esto confirma lo planteado desde el inicio por el autor.

Coincidimos con Grainger en la presencia del grupo de sistemas porfídicos, y somos de la opinión que serían al menos tres, si no más, los que se descubrirían aquí, y podría compararse con el sistema Cerro Verde- Santa Rosa - Cerro Negro (extensión superior a 7Km), en el cinturón Paleoceno-Eoceno de Cu-Mo del Batolito de la Costa, en la provincia Arequipa, al sur del Perú, que es el mayor grupo económico de pórfidos en explotación en el mundo (experiencia personal), aunque nuestro caso sería de Cu-Au y la edad posible es Campaniano Superior hasta Maastrichtiano. No podemos coincidir con Grainger en que su modelo simplemente es de pórfidos, pues como ya hemos explicado antes, la alteración fílica pervasiva no es solo específica de pórfidos, sino también de bonanzas epitermales de sulfuración baja. A ello le añadimos el resto de características como las anomalías geoquímicas, tanto exógenas como primarias y los productos de alteración propilítica descritos para las bonanzas. En el caso que nos ocupa, según nuestra opinión, estamos en presencia de un ensamble telescópico epitermal de sulfuración baja de tipo bonanza con un sistema porfídico de Au-Cu o Cu-Au, con varios núcleos (¿3 al menos?: San Nicolás - El Pilar - Gaspar), que al parecer se desarrollan por una extensión aproximada de 9-10Km (Figura 8).

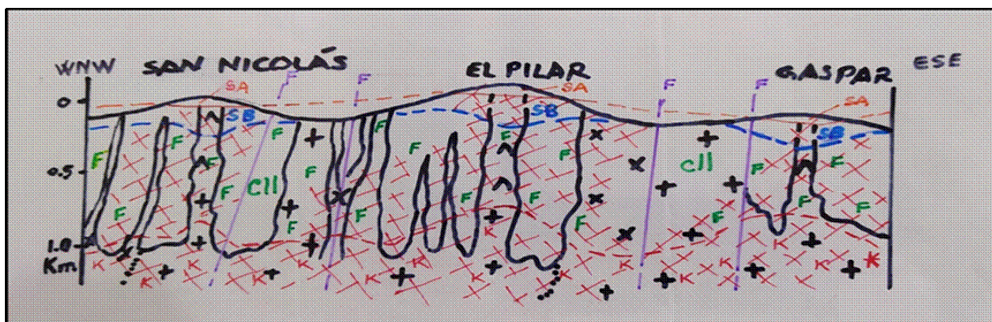


FIGURA 8. Modelo esquemático idealizado de la geología y alteraciones del sector San Nicolás-El Pilar-Gaspar (longitud horizontal aproximada 10 Km), de dirección ONO-ESE (dirección cubana)

Nota de la **figura 8**. Por la vertical hacia abajo se presentan las alteraciones de sulfuración alta (SA), sulfuración baja (SB), siguiéndole la alteración filica (F) de mayor desarrollo, todas sobre las secuencias de la Fm Caobilla (CLL), parcialmente en rocas intrusivas y, por último, en la posición más profunda, estimada hacia alrededor de 500-800m de profundidad, la alteración potásica (K). Los cuerpos centrales de las paleoestructuras volcánicas se suponen de composición dacítica, que transicionan a granitos-plagiogranitos en la profundidad. Las líneas cruzadas en rojo reflejan el stockwork que se desarrolla en el sector.

También debemos destacar la probabilidad de que la zona de desarrollo de la alteración porfídica pudiera encontrarse a profundidades más someras por todo el sector noroeste-suroeste del territorio (ver **figura 3**, mapa geológico modificado), donde se observa al extremo noroeste el sector del PG-6, con mineralización de Fe-Cu, de carácter porfídico-skarn ya mencionada. Siguiendo al sur, el territorio del campo anómalo 2, sobre intrusivos aflorando o cubiertos por sedimentos jóvenes, permite interpretar la cercanía potencial de la alteración-mineralización perteneciente al ambiente porfídico.

CONCLUSIONES

El nivel de conocimiento alcanzado sobre el grupo de prospectos- manifestaciones (sistemas de alteración - mineralización) en el territorio San Nicolás - El Pilar - Gaspar, en el municipio Baraguá, provincia Ciego de Ávila, permite establecer la presencia de un grupo de intrusiones porfídicas que muestran un ensamble telescópico epitermal-porfídico, donde la facies epitermal es del tipo de sulfuración baja interpretada como tipo bonanza de oro - cobre. Este sistema se extiende potencialmente por 9-10 Km en dirección NO-SE, en las cercanías de afloramientos parcialmente cubiertos de cuerpos hipoabisales - subintrusivos de composición ácida - ácida intermedia (dacitas - granitos - granodioritas), encajados en secuencias volcano - sedimentarias ácidas - intermedias de la Fm Caobilla, del Cretácico Superior Coniaciano - Campaniano. Se estima que, a falta de datos, la edad de la mineralización esté en el rango del Campaniano Superior al Maastrichtiano, aunque pudiera ser más joven.

El sistema, de acuerdo con lo investigado en El Pilar, principalmente (y en otros sectores en menor proporción), contiene tanto mineralización aurífera como cuprífera. La mineralización aurífera tiene lugar de forma más consistente por encima del horizonte 0.0m (aproximadamente 50m desde la superficie) mientras que la de cobre se manifiesta en forma de una zona de calcosina diseminada asociada a la interfase del nivel de las aguas subterráneas como zona de enriquecimiento secundario y, hacia la profundidad se presenta en vetillas de cuarzo - calcopirita en los productos volcánicos alterados. Los datos se refieren hasta la profundidad promedio de 120m. Consideramos que se puede afirmar, considerando lo somero de la investigación, que no se ha alcanzado la bonanza del sistema y, menos aún el ambiente porfídico que suponemos puede estar unos 500-800m mínimo hacia la profundidad.

Existe una zona de oxidación que, aunque no ha sido bien delimitada, es posible identificar su presencia por la existencia de los productos del intemperismo de la pirita y otros sulfuros, principalmente representados por la hematitización, limonitización y otros óxidos y sulfuros secundarios y menos carbonatos. Tanto los recursos de oro como los de cobre se categorizan como Recursos Inferidos. Estos recursos de oro y cobre, hasta donde se conoce, no cuentan con elementos acompañantes de interés económico ni perjudiciales en concentraciones significativas y su explotación a cielo abierto es viable desde el punto de vista económico.

REFERENCIAS

- Abolins U., (1996): *Summary work report January - June 1996*. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. Gaspar, Jicotea-Corojo; Santa Genoveva Contractual Areas. Republic of Cuba. ONRM Ciudad Habana. inédito.
- Alonso-Díaz J., et al, (2003): *Informe "Reevaluación de la Información Geológica de la manifestación Au - Cu "El Pilar"*. EGMCMG.ONRM. Ciudad Habana. inédito.
- Aranzazu-Hernández J., (2013): *Yacimiento Tipo Pórfido de oro - cobre "La Cumbre", emplazado en ignimbritas soldadas de La Formación Combia en Quinchía Risaralda, Colombia*. Departamento de ciencias geológicas- Maestría en ciencias de la tierra. Universidad de Manizales. Inédito.
- Burns P., (1996a): *Summary work report July-August-September 1996*. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. Gaspar, Jicotea-Corojo; Santa Genoveva Contractual Areas. Republic of Cuba. ONRM. Ciudad Habana, inédito.
- Burns P., (1996b): *Summary report of exploration activities 4th quarter 1996 (October - December)*. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Gaspar, El Pilar, Jicotea-Corojo; Santa Genoveva Contractual Areas. Republic of Cuba. ONRM, Ciudad Habana. inédito.
- Grainger C. J., (2022): Ciego de Ávila Project El Pilar, San Nicholas & Gaspar Porphyry Copper-Gold Deposits Republic of Cuba In: *REPORT ON MAJOR PORPHYRY COPPER/GOLD SYSTEM IN CUBA TO BE EXPLORED BY ANTILLES GOLD*, by Mr. Brian Johnson. Antilles Gold Limited (ASX Code: AAU, OTCQB: ANTMF) ASX Announcement March 10. 2022
- Grainger, C.J., (2023): Ciego de Ávila Project El Pilar, San Nicholas & Gaspar Porphyry Copper-Gold Deposits Republic of Cuba In: *REPORT ON MAJOR PORPHYRY COPPER/GOLD SYSTEM IN CUBA TO BE EXPLORED BY ANTILLES GOLD*, by Mr. Brian Johnson. Antilles Gold Limited (ASX Code: AAU, OTCQB: ANTMF) ASX Announcement January 2023
- Linares, E., P. Osadchiy, A. Dobvnia, S. Gil, D. García, A. Zuazo, R. González, V. Bello, A. Brito, W. Bush, M. Cabrera, C. Capote, J. L. Cobiella, L. Díaz de Villalvilla, D. Eguipko, Y. Evdokimov, E. Fonseca, G. Furrzola, J. Hernández, C.M. Judoley, L. Kondakov, A. Markovskiy, A. Norman, M. Pérez, L. L. Peñalver, I. Tijomirov, V. Zelepuguin, (1985): *Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1:500.000*. Centro de Investigaciones Geológicas, La Habana, 1985. Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba y Academia de Ciencias de la URSS.
- Lugo-Primelles R., (1994): *Breve caracterización geológica y metalogénica del área de la manifestación aurífera epitermal Gaspar, provincia de Ciego de Ávila*. II Congreso Cubano de Geología y Minería. Santiago de Cuba. octubre 1994.
- Lugo-Primelles R., (2011): *Reporte sobre visita del Dr. Jeremy Richards, Universidad de Alberta, Canadá. Visión técnica del alcance de la visita (yacimientos Au-Cu La Cumbre)*. Para: BATERO GOLD CORP. - MINERA QUINCHÍA S.A.S. documento privado inédito.
- Lugo-Primelles R., Ferrer C., Barroso-Betancourt A., y otros, (1988): *Informe de los trabajos de verificación terrestre de anomalías aeromagnéticas y geoquímicas en el sector Gaspar, Provincia Ciego de Ávila. E. G. Camagüey*. ONRM. Ciudad Habana. inédito.
- Milia I., Díaz de Villalvilla L., Palacios B., Pérez M., (2001): *Características geoquímicas y mineralógicas de las rocas de la formación Caobilla*. IV Congreso de Geología y Minería. Memorias GEOMIN 2000. La Habana. 19-23 de marzo. ISBN 959-7117-10-X.
- Nelson, C.E., (1988): Gold deposits in the hot spring environment: In Schafer, R.W., Cooper, J.J. and Vikre, P.G., eds., *Bulk mineable precious metal deposits of the Western United States - Symposium Proceedings*. Geological Society of Nevada, p. 417-432.

- Pérez-Peña E., Pimentel-Olivera H., Lugo-Primelles R., Pardo-Echarte M. y otros, (1998): *Informe interpretación estructuro-tectónica de la región Ciego-Camagüey-Las Tunas, EGM Camagüey*. ONRM. Ciudad Habana. inédito
- Pimentel-Olivera H., et al, (2004): Estudio Conceptual. Anexo al Informe "Reevaluación de la Información Geológica de la manifestación Au - Cu "El Pilar". EGMCMG. ONRM. Ciudad Habana, inédito.
- Roque-Marrero F., (1998): *Devolución de Áreas*. Proyecto de Prospección. Concesión Gaspar. Ciego de Ávila. Cuba. Septiembre/1998. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture ONRM, Ciudad Habana. inédito.
- Santa Cruz Pacheco-Sarlabous M., Díaz de Villalvilla L., Pérez M., (1997): *Estudio Mineralógico de las menas y petrográfico de rocas y alteraciones hidrotermales del sector "El Pilar"* IGP. ONRM, Ciudad Habana. Inédito
- Sillitoe R. (1988): *Erosion and Collapse of Volcanoes: Causes of Telescoping in Intrusion Centered Ore Deposits*. doi:[10.1130/0091-7613\(1994\)0222.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1994)0222.3.CO;2)
- Sinclair W.D., (2000): Porphyry Synthesis. PORPHYRY DEPOSITS. *Geological Survey of Canada*. 601 Booth St., Ottawa, Ontario, K1A 0E8
- Smith G., (1996): *Preliminary Resources Study*. Octubre 24/1996. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. ONRM, Ciudad Habana. Inédito.
- Smith G., (1997 a): *El Pilar. Cuba. Resources Estimates*. Febrero/1997. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. ONRM, Ciudad Habana, inédito.
- Smith G. (1997b): *Evaluación preliminar de los recursos de oro y cobre en el sector El Pilar y Estudio de prefactibilidad*. Septiembre/1997. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. ONRM. Ciudad Habana. Inédito.
- Smith G., (1998): *Evaluación global de las reservas geológicas en el sector El Pilar para oro y cobre equivalente*. Junio/1998. KWG Resources Inc. - Geominera S. A. Joint Venture. ONRM, Ciudad Habana, inédito.
- Vlad S., (1983): *Explorarea Zacamintelor Porphyry Copper*. Editura Academiei. Bucuresti, Romania.

René Lugo-Primelles. Ingeniero geólogo-geofísico. Graduado en la Universidad de Bucarest, Rumanía. Maestría en Geología, en la Universidad de Moa, Cuba. Cerca de 20 posgrados en Cuba y Colombia, especializaciones en Rumanía y la antigua República de Checoslovaquia, talleres de campo en Cuba y Colombia, entrenamientos en República Dominicana, Perú y Colombia. Más de 45 años de experiencia de investigaciones geológicas, geoquímicas, geofísicas y mineras, principalmente en metales preciosos, básicos y ferrosos, así como también de depósitos de minerales industriales, carbón, gemas (esmeraldas, y otros), materiales de construcción, aguas minerales y lodos terapéuticos en Cuba, Rumanía, Colombia, Perú, Chile y Ecuador. Unos 300 documentos de carácter técnico-científico elaborados, de ellos unas 20 publicaciones en diferentes revistas internacionales y congresos.