

# EL YACIMIENTO DE SULFUROS MASIVOS DE MONTE ROJO, PROVINCIA HOLGUÍN, CUBA: DESCRIPCIÓN PETROLÓGICA Y MINERAGRÁFICA DETALLADA.

*Jorge Luis Costafreda Mustelier<sup>(1)</sup>, Mercedes Rosell Lam<sup>(2)</sup>, Carolina Sánchez Pajas<sup>(1)</sup> y Christian Peña Narciso<sup>(1)</sup>.*

*(1)Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Calle de Rios Rosas, 21. 28003. Madrid. España.*

*(2) Centro Técnico para el Desarrollo de Materiales de Construcción. La Habana, Cuba.*

## RESUMEN

El yacimiento Monte Rojo ha sido estudiado en diferentes etapas, sin embargo, las informaciones que se conservan son escasas y marcadamente generalistas. Los resultados que se presentan en este nuevo trabajo describen no sólo el aspecto petrológico de las rocas encajantes y las características intrínsecas de las menas, sino también los aspectos genéticos del yacimiento que, a juicio de los autores, podría ajustarse adecuadamente al modelo de génesis de los depósitos sulfurados masivos tipo "Chipre".

El estudio minerográfico, realizado sobre los testigos de los sondeos *PC-1126, MR-1-98, MR-2-98 y MR-99-10*, estableció la presencia de menas masivas de pirita y calcopirita, con cantidades apreciables de marcasita y esfalerita. Los análisis químicos detectaron contenidos de hasta 8,43% de Cu en promedio, y Zn entre 0,1% y 0,75%, en profundidades comprendidas entre 31,50 y 60,70 metros. Las investigaciones petrológicas demostraron que las rocas encajantes se encuentran fuertemente alteradas, con predominio de silicificación, cloritización y epidotización, con mineralización sulfurada diseminada y venífera en *stock-works*. El cálculo de los recursos, realizado por Costafreda, J.L. y Földessy, J. en 1988, fijó la cifra de 1.365.000 Tn de menas cupríferas y 42.164 Tn de metal de Cu, con un peso volumétrico igual 2,6 t/m<sup>3</sup>.

## INTRODUCCIÓN

El yacimiento Monte Rojo se encuentra ubicado a 10.5 km al Norte-Noroeste de la ciudad de Holguín, en el caserío de Naranjo, colindando por el Noroeste con el poblado San Andrés (~11.0 Km) (ver figura 1); por el Este con Purnio y por el Oeste con El Guabino.

La altura máxima del área del yacimiento es de 100-120 metros, ocupando la cúspide de una colina alargada, con extensión de 200-350 metros.

El yacimiento Monte Rojo se conoce desde la época anterior al triunfo de la revolución cubana. Según los escasos datos encontrados en los archivos más antiguos, un geólogo norteamericano, E.S. Schmeling, realizó estudios en el área durante el año 1937. En su reporte confidencial describe la manifestación como una zona de fallas recortadas, sin continuación visible.

Perforó algunos pozos en la serpentinita y, adicionalmente, describió afloramientos en forma de "cigarros"; hizo referencia también a la presencia de bloques de caliza al suroeste del sector. Detectó mineralización diseminada en las calicatas, a profundidades de 1-15 metros. La mineralización, según sus interpretaciones, se compone de pirita, calcopirita, azurita, cromita, pirolusita, magnetita, cuprita y oro argento nativo, con mucha cuarcita y calcopirita. Concluyó que el contenido de metales preciosos disminuye hacia la profundidad, y está estrechamente relacionado con la pirita.

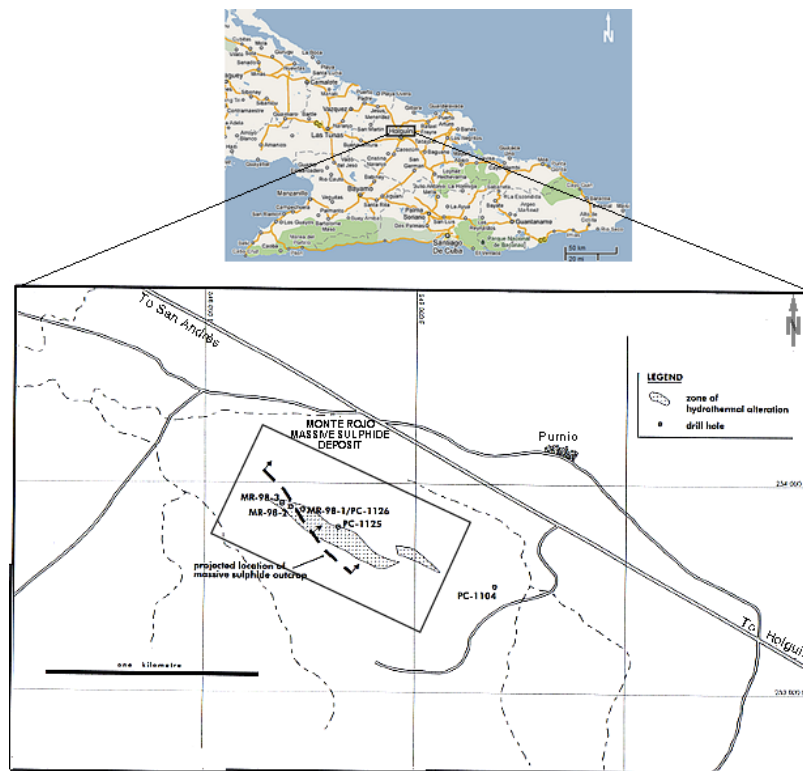


Figura 1: Ubicación de la región de los trabajos (Fuente: Dunn, D.St.C. Hyperion Resources Corp., 1998).

Las coordenadas Lambert, específicas para el yacimiento Monte Rojo, se muestran en la tabla I.

Tabla I: Coordenadas Lambert de la zona de estudio

Coordenadas	
X	Y
547 750	253 740
548 300	254 600
548 980	253 060
549 500	253 900

(Fuente: Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988).

En el año 1974, Kazakov-Tabackov confirmaron estas interpretaciones, añadiendo, como novedad, resultados de análisis químicos, que establecieron contenidos de hasta 8 g/t de oro en muestras de afloramientos; sin embargo, ninguno de sus pozos interceptó la mineralización en profundidad.

Posteriormente, en 1977, estos investigadores efectuaron una prospección de superficie, auxiliándose de laboreos mineros (7 trincheras en total), pero sus resultados no fueron relevantes.

Durante los trabajos del Levantamiento Geológico Complejo a escala 1:50 000 en la parte noroccidental de la Provincia Holguín, se estudió nuevamente el área, ubicando tres pozos de perforación, de los cuales sólo uno de ellos interceptó la zona menífera masiva (Pozo PC-1126) (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988). No obstante, el yacimiento Monte Rojo siguió careciendo de un profundo estudio petrográfico, minerográfico y geoquímico.

De las diferentes etapas de investigación mencionadas, vale decir que no se aclaró totalmente el origen de la mineralización, y sólo se intentó explicarla a cuenta de su similitud con otros yacimientos relativamente similares, justificándose así la presencia de diques de composición medio-ácida que intruyeron en secuencias miloníticas de gabros y diabasas, a los cuales se asocia genética y espacialmente la mineralización cuprífera.

## MARCO GEOLÓGICO

El yacimiento está enclavado dentro de un valle tectónico, originado por la presencia de una falla sublatitudinal con dirección Noroeste-Sureste, en lo que parece ser la línea axial de ésta (ver figura 2). Las partes elevadas que flanquean dicho valle están constituidas por ultramafitas, con cotas superiores a 200-250 metros, alineadas según la dirección descrita, y constituyen las estribaciones de El Guabino por el Sur, y Los Lirios, Los Sitios, Ojo de Agua y Las Cruces, por el Norte.

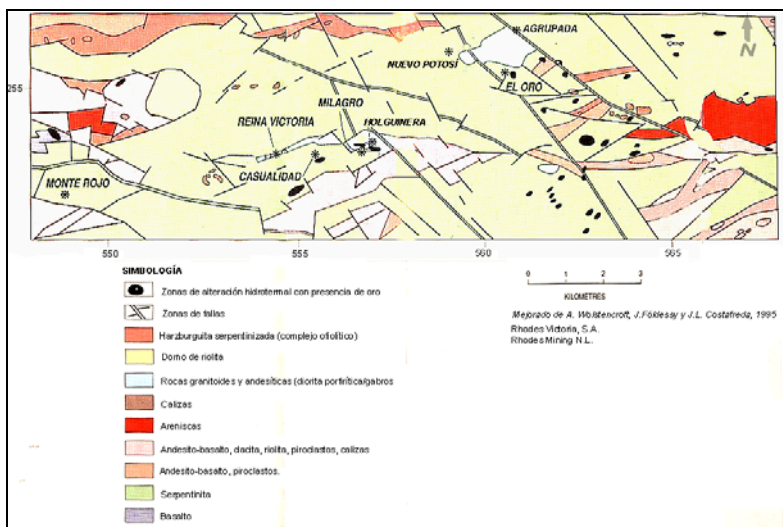


Figura Nº 2: Mapa geológico del Campo Mineral Aguas Claras y Monte Rojo (Fuente: Wolstencroft, A., Földessy, J. y Costafreda, J.L., 1995) (Costafreda, J.L. et al., 2011).

Dentro del valle, coexisten formaciones del Arco de Islas volcánico del Cretácico y secuencias de la cobertera sedimentaria suprayacente, constituidas mayormente por materiales originados por la erosión, como las volcarenitas y los productos tobáceos, redepositados y estratificados, así como los relictos del complejo ofiolítico que se mezclaron caóticamente con los representantes litológicos del arco insular (Costafreda, J.L. et al, 2011).

El área que ocupa el yacimiento se delimita bien por los contornos alargados de una zona de limonización (*gossan*), y el afloramiento casi continuo de bloques de limonita lixiviada y materiales metasomatizados. La mayor ocurrencia de estos materiales tiene lugar a lo largo de la divisoria de las aguas.

Los trabajos geofísicos efectuados en la superficie del yacimiento (Pentelény, L. y Garcés, E., 1988) detectaron anomalías que indicaron la presencia de cuerpos meníferos polarizables, con máximos de intensidad del 4%. Se localizaron 5 áreas independientes de alta polarizabilidad, contrastando con un fondo de baja intensidad (3%) en los flancos inexplorados. Las anomalías aisladas de alta intensidad se correlacionaron con otras zonas de menas sulfurosas masivas de alta concentración, conexas al yacimiento Monte Rojo. Las anomalías de más baja intensidad corresponden, según las interpretaciones de los investigadores de entonces, con zonas de mineralización diseminada.

Los valores más bajos de resistividad encajaron adecuadamente dentro del contorno de las áreas de alta polarizabilidad, con valores entre 350-400  $\eta m$ ; mientras que los valores negativos de magnetometría coincidieron con las áreas de baja resistividad y alta polarizabilidad, respectivamente. La tendencia de las isóneas de los diferentes campos físicos, hizo suponer que la dirección de los cuerpos mineralizados es sublatitudinal, similar a la de las estructuras regionales aledañas. Como conclusión, se estableció que las anomalías geofísicas complejas obedecen a la forma comprimida y alargada de los valles tectónicos de la región de Holguín (Pentelény, L. y Garcés, E., 1988).

Para la presente comunicación, se tuvieron en cuenta los resultados de los trabajos de prospección de la última etapa (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988; Dunn, D.St.C., 1998), y con la perforación de nuevos pozos que interceptaron menas en profundidad, se efectuaron nuevos cálculos de recursos (ver tablas II, III y IV), basados en la estimación de las dimensiones reales del yacimiento (400 metros de longitud por 75 metros de ancho) y en la zona de influencia de las fuertes anomalías contrastantes, tanto geofísicas como geoquímicas, que abarcan un área aproximada de 30.000 m<sup>2</sup> (Costafreda, J.L., 1999; Costafreda, J.L., 2011).

Los intervalos mineralizados más representativos interceptados por los pozos PC-1126 y MR/98-1 son los que aparecen en las tablas II y IV.

Tabla II: Contenidos promedios de Cu por intervalos, recuperados del sondeo PC-1126 (1988).

<b>PC-1126 (1988)</b>	
<b>Intervalos (m)</b>	<b>Contenidos promedios de Cu (%)</b>
31,50 – 36,50 (5m)	8.43
44,20 – 52,00 (8.20)	0.93
56,00 – 60,70 (4.70 m)	0.99

(Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988; Costafreda, J.L., 2011).

Tabla III: Cantidad de recursos calculados y contenidos de metal de Cu para el yacimiento Monte Rojo.

<b>Reservas (T)</b>	<b>Contenidos de metal (T)</b>
390.000	32.877
608.400	5.658
366.600	3.629
<b>Total: 1.365.000</b>	<b>Total: 42.164</b>
Peso volumétrico: 2.6 t/m <sup>3</sup>	

(Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988; Costafreda, J.L., 2011).

Tabla IV: Contenidos promedios de Cu por intervalos, recuperados del sondeo MR/98-1 (1998).

<b>MR/98-1 (1998)</b>		
<b>Intervalos (m)</b>	<b>Potencia (m)</b>	<b>Contenidos Cu (%)</b>
36,6 – 37,6	1,0	2,57
37,6 – 38,6	1,0	9,06
38,6 – 39,6	1,0	7,70
39,6 – 40,6	1,0	7,25
40,6 – 41,7	1,1	5,94
<i>Promedio</i>	<i>5,1</i>	<i>6,51</i>

(Fuente: Dunn, D.St.C. Hyperion Resources Corp., 1998).

## DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LOS HORIZONTES MINERALIZADOS, SEGÚN LOS DATOS APORTADOS POR LOS POZOS PC-1126, MR/98-1, MR/98-2 y MR/99-10.

### Corteza de meteorización (horizonte de *gossan*) y rocas de la zona supramenífera.

Es una zona eluvio-deluvial con abundantes fragmentos de limonita masiva, esquelética y silicificada, con fragmentos de serpentinita, diabasa, basaltos y gabros fuertemente oxidados, que transicionan a limonita residual fragmentaria hacia la parte superior del corte. El color predominante es pardo-rojizo.

Predominan aquí materiales arcillosos con abundantes inclusiones de productos residuales carbonatados. Esta zona ocrosa se caracteriza también por su fuerte lixiviación, silicificación, bandeamiento y brechosidad. Las arcillas consisten en montmorillonita, illita y jarosita, impregnadas de sulfuros oxidados.

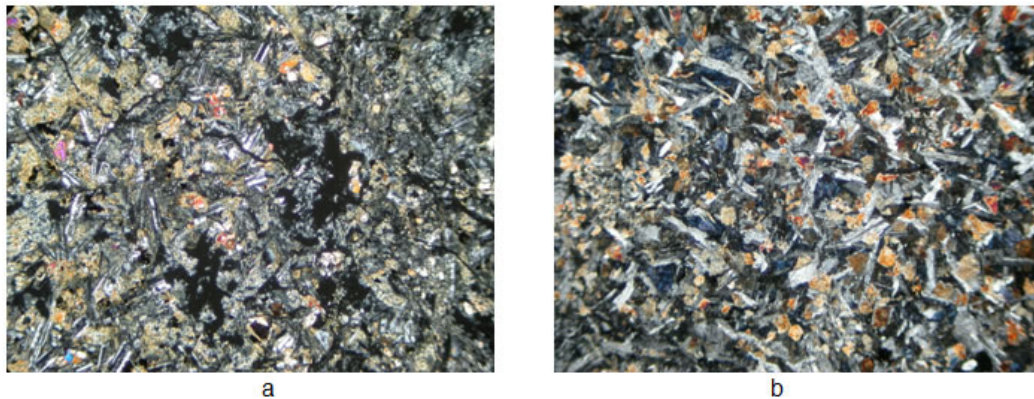


Figura 3 a y b: Microfotografías de secciones doblemente pulidas mostrando en (a) un basalto alterado, donde las plagioclasas transicionan a productos arcillosos (sericita), y la mineralización metálica (en parches negros irregulares) se emplaza en muchos puntos del campo visual. En (b) se destaca una textura relictada de diabasa, donde los microlitos de plagioclasa rodean pequeños cristales de piroxeno prácticamente oxidados en su totalidad.

El horizonte de ocre contiene, además, cuarzo, fragmentos de caliza, jaspe, basalto espilitico y diabasa, esta última aparece fuertemente oxidada (ver figura 3 a y b). Está presente la goethita junto con otros productos secundarios, formados a consecuencia de la oxidación de las menas sulfurosas, como los granos irregulares y oxidados de pirita, que forman agregados terrosos. Son más escasos ciertos titanatos en forma laminar, irregulares y entrecrecidos. Los contenidos en Cu y Zn calculados en este horizonte, mediante análisis espectrales, aparecen en la tabla V.

La goethita forma agregados colomórficos, botroidales, irregulares y pseudomórficos, rellenando las molduras de minerales sulfurosos preexistentes. Por otra parte, forma agrupaciones aisladas, o se congrega en vetas y vetillas. Muchas veces, se le observa rodeando y envolviendo cristales de pirita y calcopirita.

La covelina forma cristales producidos por la sustitución de la calcopirita, mientras la malaquita y la azurita aparecen como recubrimientos pelliculares delgados, de apariencia colomórfica, revistiendo la superficie, las oquedades y las muescas libres formadas en los fragmentos mejor conservados, o mezclándose con los materiales que rellenan grietas.

En la parte superior sólo se encuentran moldes de cristales oxidados de pirita; en otros casos, la oxidación se acentúa al punto de borrar completamente los rasgos de la litología primaria.



La limonita, que se forma a cuenta de la fuerte oxidación de las menas sulfurosas masivas, está cementada por sílice residual.

Tabla V: Resultados de los análisis espectrales (ppm) de muestras recolectadas a partir de testigos de perforación en la secuencia supramenífera.

INTERVALO DE MUESTREO		ES PECTRAL (ppm)	
Desde	Hasta	Cu	Zn
0.00	2.00	300	10
2.00	4.00	4	6
4.00	6.00	600	6
6.00	7.00	3	4
7.00	7.40	800	6
7.40	8.20	800	10
8.20	9.50	2	2
9.50	10.70	1	10
10.70	11.70	800	2
11.70	12.70	300	10
12.70	13.40	600	10
13.40	14.00	300	6
14.00	15.00	100	6
15.00	16.00	600	8
16.00	17.00	800	8
17.00	18.00	800	2
18.00	19.20	1%	4
19.20	21.00	1%	10
21.00	23.00	400	6
23.00	25.00	200	8
25.00	27.00	400	2
27.00	29.00	300	10
29.00	31.45	1%	10

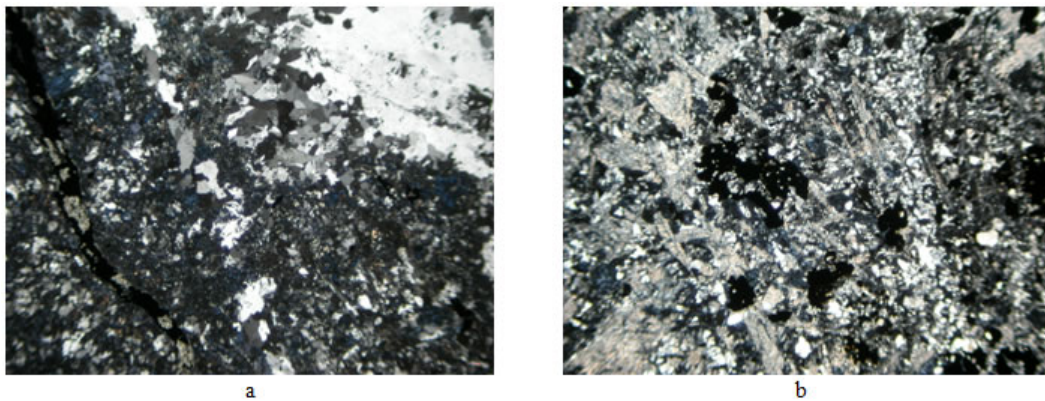


Figura 4 a y b: Microfotografías de secciones doblemente pulidas de fragmentos de testigos de la zona supramenífera (pozo MR/98-1) a 22,0 metros de profundidad, donde puede apreciarse el desarrollo de vetas rellenas de sulfuros, calcita y cuarzo (a), así como la fuerte lixiviación sufrida por los protominerales, con la concomitante acumulación de menas en los retículos (b).

Inmediatamente por debajo del horizonte de meteorización, y hasta los 31,45 metros de profundidad, las rocas de origen ofiolítico se tornan abundantes y relativamente frescas, menos oxidadas, pero acusan otro tipo de alteración relacionada con la formación de menas. El litotipo más común en este escenario parece ser un basalto, que muestra rasgos acentuados de propilitización, epidotización y

piritización, más evidentes a medida que aumenta la profundidad. Son comunes las intercalaciones de serpentinita y dolerita, igualmente alteradas y mineralizadas.

Las rocas descritas muestran fuertes signos de lixiviación, con redeposición de mineralización sulfurosa en los intersticios (ver figura 4 a y b).

### Zona de menas sulfurosas masivas.

Por debajo de la corteza de gossan y de las rocas alteradas subyacentes, yace el horizonte de menas sulfurosas masivas, que desde el nivel de su techo, ubicado a los 31,45 metros, alcanza una profundidad de 36,50 metros. Esta secuencia está compuesta por polimateriales de aspecto poroso, fuertemente lixiviados, que enclaustran una mineralización masiva de calcopirita (los contenidos de cobre oscilan entre 6,8% y 11,84%; ver tabla VI) y pirita en cantidades particularmente abundantes, donde los cristales se hallan débilmente cementados por una matriz sulfurosa de granulometría más fina y extremadamente friable (ver figura 5 a, b, c y d).

La estructura conglomerática de este horizonte se torna más evidente en aquellas zonas donde abundan masas definidas de sulfuros masivos, con un visible aspecto de "*lentejones*" meníferos; estas formas, podrían ser el resultado de una concentración anómala de la mineralización, tras un proceso de fuerte lixiviación primaria de los sulfuros a escala local, en las cercanías de los paleoconductos exhalativos.

Tabla VI: Resultados de los análisis espectral y químico (Cu, Zn y S), para muestras extraídas de los testigos de perforación del sondeo PC-1126, y que representan el horizonte de las menas sulfurosas masivas (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988).

INTERVALO DE MUESTREO		RESULTADOS				
		ES PECTRAL (ppm)		QUIMICO (%)		
Desde	Hasta	Cu	Zn	Cu	Zn	S
31.45	32.00	1%	60	11.84	0.1	27.54
32.00	32.50	-	-	8.26	0.1	23.44
32.50	33.00	1%	60	8.56	0.1	23.00
33.00	33.50	1%	8	7.10	0.22	24.58
33.50	34.00	-	-	7.22	0.13	29.65
34.00	34.50	1%	60	8.36	0.71	27.77
34.50	35.00	1%	8	10.86	0.11	25.07
35.00	35.50	1%	60	8.39	0.1	20.32
35.50	36.00	1%	10	11.09	0.75	30.59
36.00	36.50	1%	40	6.78	0.10	25.62

Según las observaciones realizadas en varias muestras, con ayuda del microscopio, la mena sulfurosa está constituida, específicamente, por pirita, la cual forma agregados irregulares con tamaños entre 0.5052 y 0.0253 mm. Son cristales microgranulares, asimétricos e irregulares, envueltos y corroídos con frecuencia por esfalerita y calcopirita.

Los cristales de pirita poseen abundantes poros y vesículas en sus superficies; suelen ser hipidiomórficos, pero llegan a ser xenomórficos a causa de la corrosión. Los agregados, con apariencia de cóndrulos, grumos y gotas, se hallan ocasionalmente cementados por material sulfuroso de granulometría más fina y de gran friabilidad. Las superficies de los agregados más densos muestran huellas de apariencias acanaladas y esqueléticas, posiblemente a cuenta de una lixiviación intensa.

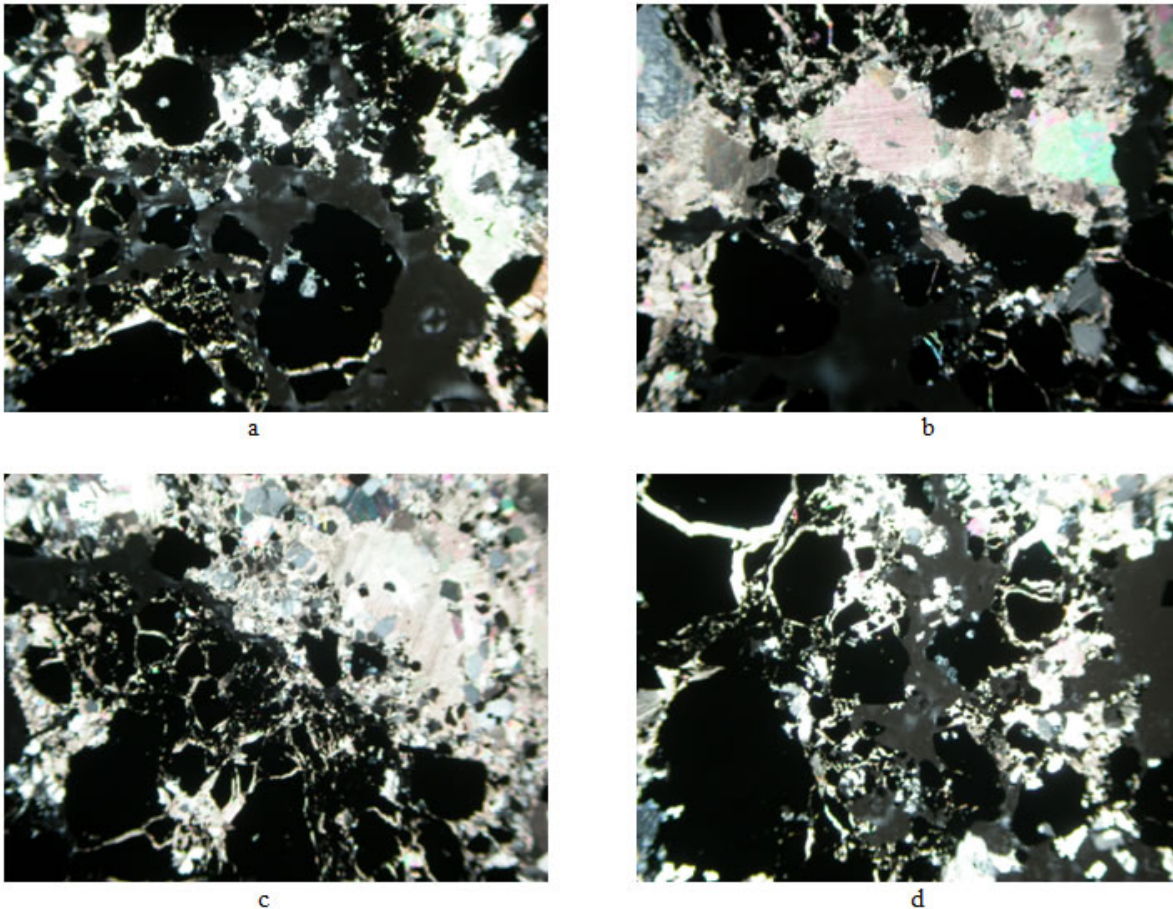


Figura 5 a, b, c y d): Microfotografías de secciones doblemente pulidas mostrando el emplazamiento de menas sulfurosas masivas (en color negro) en los espacios libres producidos por la lixiviación de protominerales.

La calcopirita rellena poros, canales, intersticios y anfractuosidades que quedan entre los agregados piríticos. Forman cristales alotriomórficos, alargados e irregulares, diseminados en la matriz sulfurosa. Las facetas y las aristas de estos cristales están labradas por poros y pequeñas cavernas. Ocasionalmente, forman capas delgadas continuas entre microhorizontes de pirita, diferenciándose muy bien de éstas por sus texturas, colores y matices. Engloba con frecuencia cristales redondeados de pirita, y se muestra como segregaciones en la esfalerita, originando estructuras emulsionadas. Muchas veces, la calcopirita es sustituida por covelina. Posee texturas de corrosión y lixiviación, y, por lo general, se encuentra asociada a la pirita.

La marcasita aparece como inclusión en la pirita. Los cristales tienen tamaños entre 0.02-0.03 mm. Es microgranular, y forma agregados laminares gruesos aislados, con tamaños entre 0.568-0.126 mm, o se emplaza en microcanales con ancho entre 0.101-0.076 mm, alrededor de los granos de pirita.

La esfalerita se presenta en forma de cristales irregulares de tamaños variables (1.137-0.438 mm), que se encuentran diseminados en la matriz sulfurosa, y presenta estructura emulsionada. Por lo general, se encuentra corroyendo a la pirita y tiene poros y cavernas en las caras de los cristales que se agrupan en forma de agregados.



## Zona inframenífera o de “stock-works”

Está constituida por rocas fuertemente alteradas, con intensa silicificación, cloritización y epidotización, al parecer con una composición basáltica primaria.

La litología de esta zona posee un marcado agrietamiento, producido, posiblemente, por sistemas reticulares submicroscópicos de venillas que no llegaron a colmatarse con mineralización sulfurosa, o que sus rellenos primarios fueron removidos posteriormente. Sin embargo, a pesar de la proliferación de poros vacíos y el relieve originado por la lixiviación, predomina una abundante mineralización sulfurosa, cuyos contenidos aparecen calculados en la tabla VII. El color que toma esta roca, bajo los efectos de las citadas alteraciones, es gris claro con tonalidades verdosas (ver figura 6 a y b).

Las rocas que yacen en este horizonte poseen variadas estructuras, principalmente masivas, conglomeráticas, oligofíricas y amigdaloides. La plagioclasa está peltizada, completamente cloritizada y sustituida por clorita pennina. En estas rocas, aparecen amígdulas de clorita y cuarzo secundario, a los cuales se asocia pirita en forma de agregados isométricos.

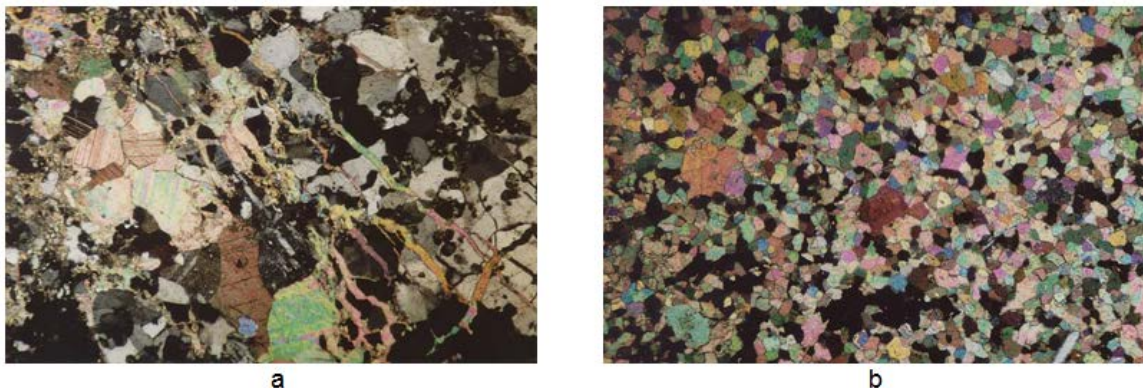


Figura 6 a y b: Microfotografías obtenidas a partir de secciones doblemente pulidas de dos muestras de la zona inframenífera (stock-works), a una profundidad de 36,50 metros. Puede observarse en (a) la proliferación de vetas y vetillas, rellenas de calcita, cuarzo y minerales sulfurosos, y en (b) la mineralización de tipo diseminado (en color negro) que domina todo el campo visual.

Estas rocas aparecen, además, atravesadas por un intrincado entramado de finas vetas de calcita, cuarzo y pirita (ver figura 6 a), donde el cuarzo se dispone en forma de agregados microgranulares y, ocasionalmente, como cristales bien desarrollados. La epidota, que aparece asociada al cuarzo en los claustros veníferos, forma agregados en *haces*, ramificados y/o como racimos, creando estructuras en forma de “cordón”. También se confina en los bordes de las anfractuosidades como impregnaciones radiales.

Es común encontrar abundantes oquedades, muescas y canales, producidos por la fuerte lixiviación; en estos espacios libres, los cristales de pirita alcanzan diámetros de hasta 1.0 cm.

La estructura más común de las menas en este horizonte es la de un “Stock-Works”, con sus característicos retículos y celdas de vetas y vetillas de ancho variable, en cuyo interior se desarrollan diminutas drusas y geodas de cuarzo y calcita, respectivamente. Asimismo, se desarrolla una mineralización sulfurosa típicamente diseminada (ver figura 6 b).

Tanto la calcopirita, la marcasita como la pirrotina, forman vetas donde coexisten en paragénesis con otros sulfuros, además del cuarzo, que ocupa las partes periféricas. Predomina una estructura general de corrosión y lixiviación.

La sucesión mineralógica para esta zona es: *pirita + calcopirita + pirrotina + marcasita*.

Tabla VII: Resultados de los análisis espectrales y químicos (Cu, Zn y S), para muestras que representan la zona de "stock-works", en el infrayacente del horizonte de menas sulfurosas masivas (Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988).

INTERVALO DE MUESTREO		ES PECTRAL (ppm)					INTERVALO DE MUESTREO		ES PECTRAL (ppm)		QUIMICO (%)		
Desde	Hasta	Cu	Zn	Cu	Zn	S	Desde	Hasta	Cu	Zn	Cu	Zn	S
36.50	38.00	1%	8	2.21	-	-	50.00	51.00	400	10	0.39	0.1	3.21
38.00	40.00	1%	10	0.36	-	-	51.00	52.00	200	8	3.42	0.1	9.14
40.00	42.00	1%	8	0.33	-	-	52.00	53.00	600	10	0.08	0.1	2.63
42.00	44.20	1%	10	0.3	-	-	53.00	54.00	1%	10	0.18	0.1	2.07
44.20	45.00	1%	0	0.78	0.1	4.33	54.00	55.00	1%	10	0.12	0.1	1.33
45.00	46.00	1%	10	0.37	0.1	23.19	55.00	56.00	60	6	0.09	0.1	1.15
46.00	47.00	600	10	0.40	0.1	4.15	56.00	57.00	1%	20	0.33	0.1	1.92
47.00	48.00	1%	20	0.15	0.1	3.14	57.00	58.00	800	10	0.24	0.1	1.82
48.00	49.00	400	3	0.18	0.1	6.93	58.00	59.00	1%	10	0.99	0.1	3.29
49.00	50.00	800	10	0.40	0.1	3.10	59.00	60.70	10	-	1.18	0.1	4.41

### Zona hipoinframenífera o de conglomerados.

En el caso particular de Monte Rojo, el corte finaliza con un "conglomerado" o "conglobrecha" de basalto y basalto-dolerita, de color gris oscuro con tonalidades verdosas (ver figura 7 a y b).

Los fragmentos tienen diámetro entre 0.5-2.5 cm, unidos por un cemento arcilloso de igual naturaleza, en el cual se emplaza una mineralización pirítica muy fina. La roca se presenta argilitizada, epidotizada y cloritizada.

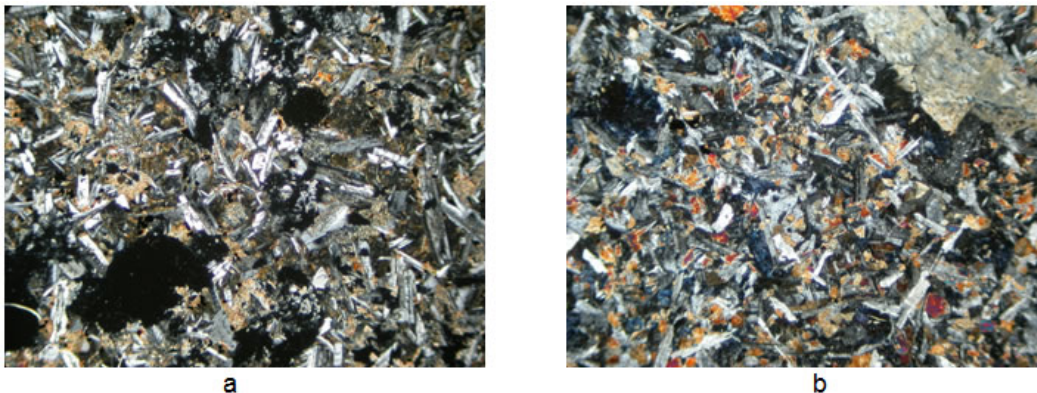


Figura 7 a y b: Microfotografías obtenidas a partir de secciones doblemente pulidas de dos muestras de la zona hipoinframenífera. En (a) aparece aún mineralización sulfurada (en color negro) rodeada por una matriz microlítica; en (b) se aprecia mejor la fuerte alteración sericítica que sufren los pequeños microlitos de plagioclasa. Los grandes fenocristales de piroxeno (parte superior derecha en a) han experimentado también una notable alteración.

En Monte Rojo, se preservan actualmente las ruinas de un antiguo pozo de mina, cuya profundidad aproximada alcanza los 10.0 metros, otrora utilizado para conectar las dos galerías antes mencionadas, así como para extraer el *todo-uno* mineralizado. En las escombreras de este pozo se preservan aún todos los componentes meníferos y litológicos que se han descrito en los párrafos anteriores. Estos son:

**Materiales de la zona de meteorización.**

- Arcillas con intercalaciones de sulfuros oxidados, plástica, a veces arenosa.
- Arcilla con fragmentos de limonita ocrosa.
- Limonita ocrosa lixiviada.
- Cuarzo limonitizado con películas de carbonatos hidratados de cobre (malaquita y azurita), colomórficos.
- Roca del contacto supramenífero, de color verde oscuro, granos finos (basalto?), con incrustaciones de covelina, bornita y limonita de color rojo-oscuro.
- Fragmentos de diabasa con vetillas rellenas de malaquita.

**Materiales de la zona de menas sulfurosas masivas.**

Estos materiales tienen el aspecto de una masa esponjosa y muy porosa ya endurecida, aunque ocasionalmente friable, con claros signos de fuerte lixiviación. En los cristales de calcopirita que aún se conservan, puede observarse las transiciones a covelina, debido a la oxidación directa de la mena en condiciones exógenas. Son comunes los productos colomórficos de carbonatos cupríferos.

**Materiales de la zona inframenífera o de “stock-works”.**

Predominan los fragmentos y bloques de rocas de color gris claro, con tonalidades verdosas. Muestran alteraciones cloríticas y epidóticas, además de una visible mineralización compuesta por pirita oxidada. Conservan los rasgos de una marcada lixiviación, con típico aspecto esquelético y cavernoso.

**Materiales de la zona hipoinframenífera o de conglomerados.**

Son visibles los relictos de un conglomerado de composición basáltica, cementado por arcillas finas, plásticas, con pátinas de sulfuros oxidados. Los fragmentos son redondeados a subredondeados, de color verde oscuro y ligeramente cubiertos por pirita oxidada.

Además de las escombreras, se conservan en superficie algunas trincheras antiguas ubicadas en la zona de oxidación. En la tabla VIII se muestran los resultados más atractivos del análisis químico realizado sobre 4 muestras.

Tabla VIII; Resultados de los análisis químicos de Cu para muestras extraídas en superficie (Trench N° 121), en el yacimiento Monte Rojo (Fuente: Costafreda, J.L. y Földessy, J., 1988).

Muestra	Resultados Cu (%)
MR-1	3.55
MR-2	0.45
MR-3	0.10
MR-4	0.47

Los trabajos geofísicos, en su variante electromagnética (UTEM), llevados a cabo por la compañía canadiense S.J. Geophysics Ltd. (Dunn, D.St.C., 1998) en el yacimiento y áreas aledañas, establecieron coincidencias muy estrechas con las zonas de desarrollo de las anomalías geoquímicas y con las zonas de desarrollo del gossan.

De acuerdo con las fuertes anomalías magnéticas UTEM (ver figura 8), la mineralización sulfurosa masiva yace dentro de un área de 400 metros de ancho por 1.200 metros de longitud, con rumbo Oeste-Noroeste. La interpretación de los resultados geofísicos establece que el buzamiento de los cuerpos mineralizados se torna menos abrupto hacia el Oeste-Noroeste, al tiempo que su potencia vertical parece incrementarse.

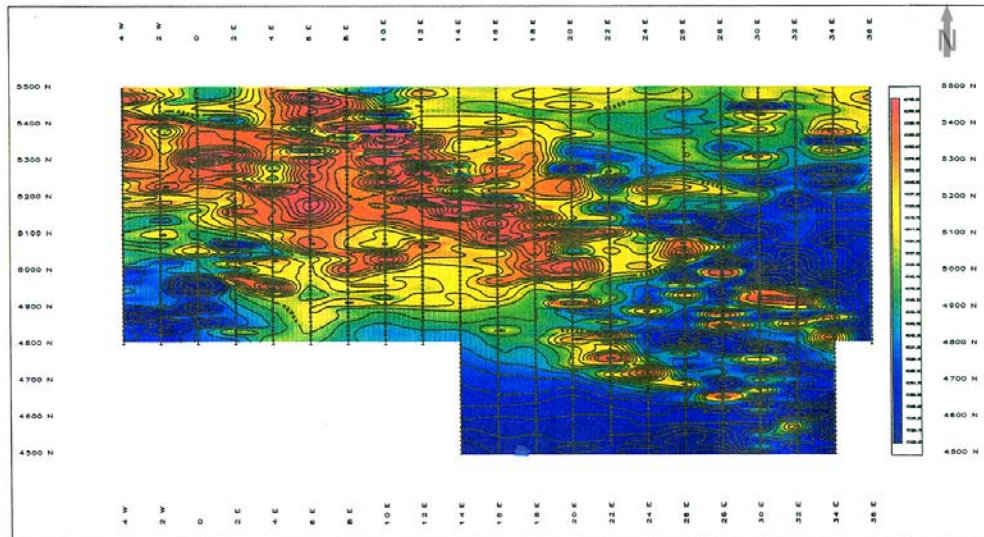


Figura 8: Isolíneas contorneando fuertes anomalías electromagnéticas UTEM en el área del yacimiento de sulfuro masivo Monte Rojo (Fuente: Dunn, D.St.C. Hyperion Resources Corp., 1998).

En la figura 8 se distingue una marcada concentración de valores anómalos sobre el yacimiento (parte central) y en dirección Oeste-Noroeste. Del mismo modo, en la parte sureste del área las anomalías se vuelven más dispersas, aunque revelan pequeñas concentraciones de mineralización sulfurosa bien localizadas.

## CONCLUSIONES

Según las interpretaciones de los resultados de esta investigación, el yacimiento Monte Rojo se ajusta bien al modelo genético de los depósitos sulfurosos masivos tipo Chipre, corroborado por la existencia de una zona de sulfuros masivos, fundamentalmente pirita y calcopirita, con cantidades variables de marcasita y esfalerita, que yace enclaustrada entre un horizonte de gossan exógeno suprayacente y una zona menífera silicificada infrayacente. Por debajo de esta zona se encuentra una secuencia de rocas alteradas con mineralización en "Stock-Works", en forma de vetas y vetillas complejas de cuarzo y sulfuros, que cementa brechas de basalto fuertemente cloritizado, y rellena fracturas que cortan otros tipos de rocas, igualmente alteradas, cloritizadas y con signos visibles de fuerte clarificación, cuyo protolito, al parecer, pudo ser de composición basáltica.

A pesar de la complejidad tectónica de la zona, el yacimiento Monte Rojo se conservó prácticamente intacto; visto en su posición actual, las zonas meníferas principales están asociadas al complejo efusivo de basaltos, junto al cual pudieron formarse de forma singenética durante las exhalaciones submarinas relacionadas con el vulcanismo e hidrotermalismo ofiolítico que afectó también a otras

rocas encajantes. Actualmente, no es posible indicar con precisión en qué nivel se formaron las menas de Monte Rojo, pues las mezclas posteriores fueron frecuentes y marcadas; sin embargo, dada la frecuente ocurrencia de bloques de dolerita y basalto-dolerita, así como las proporciones menores de gabros y diabasas en los niveles meníferos, parece ser un indicativo de que pudieron depositarse en el nivel de las pillow-lavas inferiores y las partes intermedias del grupo basal.

La presencia en la zona de bloques de calizas, jaspe y basaltos que llegan a ser ocasionalmente espilíticos, puede ser un testimonio de los restos de una corteza oceánica, fuertemente erosionada en la actualidad, que se emplazó en la posición actual por la obducción a la superficie del complejo ofiolítico de la región de Holguín.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Petrología de las rocas encajantes de los yacimientos auríferos de la Región de Holguín, Cuba (2011).** COSTAFREDA, J.L., MARTÍN, D.A. y RAMOS, A. *II Jornadas de Minería, Energía y Desarrollo y I Jornadas Iberoamericanas de Minería y Energía. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica de San Julián. Santa Cruz, Argentina.* Págs.10.

**Consideraciones para la prospección de nuevos cuerpos mineralizados en el flanco oriental del yacimiento aurífero de Reina Victoria, en la Región Oriental de Cuba (2011).** COSTAFREDA, J.L., PARRA, J.L. y CALVO, B. *II Jornadas de Minería, Energía y Desarrollo y I Jornadas Iberoamericanas de Minería y Energía. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica de San Julián. Santa Cruz, Argentina.* Págs.7.

**Recursos minerales de Cuba (1999).** COSTAFREDA, J.L. Seminario Internacional de Recursos Minerales y Desarrollo Sostenible en Iberoamérica. *Red Iberoamericana de Minerales y Rocas Industriales (Red RIMIN-CYTED).* España. Págs. 18.

**Informe del Levantamiento Geológico Complejo de la Región Noroeste de la Provincia Holguín, Cuba (1988).** PENTELENY, L., GARCÉS, E. *Polígono IV CAME-Holguín.* Ministerio de Industria Básica. Cuba. 550 págs.

**Prospección detallada del Sector 18 Monte Rojo, escala 1:10.000 (1988).** COSTAFREDA, J.L., FÖLDESSY, J. *Polígono IV CAME-Holguín.* Ministerio de Industria Básica. Cuba. 10 págs.

**Informe sobre los trabajos de Levantamiento Geológico y Búsqueda Orientativa a escala 1:50.000** En el mismo tiempo se ejecutó levantamiento y búsqueda en escala 1:50 000 en las zonas de Tranqueras I, II y III, Monte Rojo, La Ventura, Las Cuevas, Campamento y La Fortuna (1974). KAZAKOV y TABACHKOV. Ministerio de Industria Básica. Cuba.

**News release by David St. Clair Dunn (1998).** *Hyperion Resources Ltd. British Columbia Canada.*