

El uso del modelaje físico-geológico en el pronóstico de minerales sólidos. Un ejemplo: Isla de la Juventud*

**Manuel E. PARDO ECHARTE

RESUMEN. *Se examinan los aspectos relacionados con el uso del modelaje físico-geológico (MFG) para la definición argumentada de los objetivos e índices del pronóstico de la mineralización metálica endógena en la región del macizo de la Isla de la Juventud. En base a la generalización de los datos geofísicos, geoquímicos y geomorfológicos, en el área de los yacimientos conocidos (Delita y Lela), tomados como patrones meníferos, se elabora un modelo geológico para la mineralización en la región. El modelo supone la presencia de "stocks" subvolcánicos de rocas ácidas cercanas a la superficie que representan los apófisis diferenciados de pequeñas intrusiones hipoabisales, emplazadas en la intersección de fallas profundas regionales. Con estos "stocks" se relacionan la mineralización hidrotermal zonada de distintos tipos, concedida como una variedad facial, en función de la profundidad de formación; la ocurrencia de uno u otro tipo de mineralización está condicionada, en sentido general, por el actual nivel del corte erosionado. A modo de ilustración de la función predictiva del MFG, se establecen los límites aproximados de los campos meníferos Delita y Lela, y de las áreas mineralizadas de Mo, W y Cu en este último; y finalmente, se evalúan los parámetros físico-geométricos del corte para la supuesta mineralización de Cu tipo "stockwork" en el flanco NE del campo menífero Lela.*

INTRODUCCIÓN

En las investigaciones geológicas de pronóstico y prospección multipropósito, la definición precisa del objeto de la interpretación compleja y su fundamentación experimental, contribuyen notablemente a aumentar su objetividad. En tal sentido, la aplicación del modelaje físico-geológico (MFG) resulta decisivo para la generaliza-

ción y la formalización del objeto de la interpretación, constituyendo una obligatoria herramienta de trabajo en este proceso.

*Manuscrito aprobado en julio de 1987.

**Instituto de Geología y Paleontología del Ministerio de la Industria Básica.

El presente trabajo muestra la aplicación del MFG para la argumentación de los objetivos e índices del pronóstico de la mineralización metálica endógena en la región del macizo de la Isla de la Juventud. En este sentido, se realiza una detallada

caracterización de los objetos considerados como patrones meníferos (los yacimientos de oro y wolframio, Delita y Lela) así como se resuelven algunas tareas propiamente predictivas, de importante valor práctico, en los límites de éstos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la preparación del presente trabajo se utilizó como material básico, toda la información geológica, geofísica, geoquímica y geomorfológica disponible acerca de los yacimientos aurífero "Delita" y wolfrámico "Lela", contenida en los informes geológicos Page y Mc Allister (1944), Garapko *et al.*, (1974), Ananin *et al.* (1976) Semeonenko *et al.* (1980), Sánchez *et al.* (1984), en los informes geofísicos de Zavedatelev (1967) y Liubi *et al.* (1984), así como en la monografía "Yacimientos minerales metálicos de Cuba" (Buguel'skiy *et al.*, 1985).

Esta información fue generalizada en los trabajos de Pardo (1982a, 1982b), y Pardo y Amador (1985), los cuales constituyen el punto de partida del presente estudio.

El método de investigación utilizado, consistió en la generalización de los resultados de la interpretación geológica de las anomalías geofísicas, geoquímicas y geomorfológicas en los yacimientos conocidos, tomados como objetos meníferos patrones, en la región de estudio.

ASPECTOS GENERALES DEL MFG

En la aplicación del MFG se hace extensivo uso de las funciones sustitutivo-heurística y extrapolativo-predictiva del método modélico y de la propiedad fundamental del polimorfismo físico-geométrico (Vakhromeyev *et al.*, 1984).

En el cumplimiento de la función sustitutivo-heurística, el modelo ofrece una explicación previa, ("a priori"), de los objetos conocidos considerados como patrones, sirviendo de base para la elaboración de hipótesis de trabajo (modelos) a completar y validar en el curso de las investigaciones.

En su función extrapolativo-predictiva, las conclusiones que se desprenden de las **propiedades estructurales** del modelo, al **ser extrapoladas al objeto** que se modela, **permiten** elaborar un pronóstico de su es-

tructura. En tal sentido, puede hablarse de una imagen "a posteriori" de este objeto.

Considerando lo antes expuesto, y atendiendo al aspecto funcional del MFG, conveniremos en denominar modelos físico-geológicos "a priori", a la hipótesis de trabajo (modelo) que permite la corrección del proceso de interpretación compleja y de pronóstico; modelos físico-geológicos "a posteriori", al pronóstico "en sí", que permite la dirección científicamente argumentada de las futuras investigaciones. El correcto empleo de los modelos físico-geológicos "a priori" y "a posteriori", en las investigaciones metalogénicas, permite la formulación de hipótesis más completas y argumentadas, sobre las regularidades en

la distribución espacial de los depósitos minerales.

La propiedad de polimorfismo del MFG, se manifiesta, de modo simultáneo, en la unidad y diversidad de los objetos anómalos constituyentes, los cuales, como regla, difieren en forma, tamaño y propiedades físicas. En dependencia del grado de caracterización del modelo físico-geológico por estos parámetros, se les denomina completos, incompletos o aproximados (Vakhromeyev *et al.*, 1984).

La clasificación de los modelos físico-geológicos para distintos tipos de depósitos minerales, debe basarse en un profundo conocimiento y en una correcta clasificación geológica de los mismos. Desafortunadamente, a menudo se carece de un criterio uniforme sobre la génesis de los depósitos, e incluso en ocasiones, sobre sus particularidades más importantes, por lo que se hace necesario optar por variantes de clasificación de los modelos físico-geológicos con un grado de generalización mayor.

ELABORACIÓN DEL MODELO MENÍFERO “A PRIORI” DE LA REGIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS FÍSICO-GEOLÓGICOS CORRESPONDIENTES

En la elaboración del modelo menífero de la región se consideraron diversos aspectos teóricos relacionados con la metalogenia de las regiones graníticas. Ello estuvo determinado por la semejanza entre algunas de las particularidades geólogo-geofísicas-metalogénicas inherentes a la región del macizo de la Isla de la Juventud con las de otras regiones granito-metalíferas, y en particular la de Transbaikalia Oriental (Dukhovskiy, 1980). Los aspectos más relevantes de esta analogía son los siguientes:

- Los depósitos minerales (hidrotermales) se asocian, en general, con cuerpos subvolcánicos de granito-pórfito y no con los granitos.
- La escala de la mineralización (en comparación con otras regiones granito-metalíferas) es significativamente pequeña, teniendo ésta, un carácter disperso.
- La mineralización no tiene un vínculo espacial preciso con el mínimo gravimétrico regional.
- La mineralización y su fuente granítica, están confinados mayoritariamente a zonas de campo magnético negativo.

— La zonalidad escalonada de los tipos de mineralización en el corte vertical, observada en los yacimientos, Delita y Lela, resultan típicos ejemplos del sistema de formación menífera de metales raros y preciosos.

El primero de los aspectos teóricos considerados es el relativo al concepto sobre “las zonas de deposición menífera” (Kitaev, 1982). El mismo se fundamenta en la reconocida zonalidad vertical del sistema de formación menífera de metales raros y preciosos, según la cual, los tipos de mineralización se contemplan como variedades faciales en función de la profundidad de formación de las mismas. Para la determinación de estas zonas sirven de base las condiciones geólogo-estructurales de la deposición referida, y su vínculo espacial con los productos de la actividad intrusivo-volcánica. La mineralización de cada tipo corresponde a una zona de deposición menífera con determinados parámetros geólogo-estructurales y físico-químicos, los cuales resumen las particularidades indivi-

duales morfoestructurales y mineralogeoquímicas de la mineralización.

El otro concepto, considerado en la elaboración del modelo menífero de la región fue el relativo a la "relación granito-metalífera" (Stemprok, 1982). En este concepto se explica, según distintos modelos, el proceso de transporte y deposición de los minerales metálicos. El modelo elegido, teniendo en cuenta las particularidades de la región, fue el de "diferenciación por cristalización fraccionada". El mismo supone la diferenciación mediante la eliminación de cristales del sistema, dando como resultado una mezcla residual, rica en silicatos alcalinos (especialmente K). La misma es capaz de concentrar grandes cantidades de Mo, Sn, W y otros metales, convirtiéndose de esa manera, en fuente de los respectivos depósitos metalíferos. Esta mezcla se concentra en el centro del granito solidificante y es expulsada hacia el

techo de masa rocosa. Junto con los metales, se concentran en esas mezclas residuales, el U y el Th. De aquí, que el enriquecimiento en estos elementos y en particular del U, sirva de índice para el reconocimiento de las fuentes mencionadas (Yeates *et al.*, 1982). El enriquecimiento en U de la roca huésped, ocurre indistintamente, como regla, para la generalidad de los depósitos de Mo, Sn y W, incluso de los placeres derivados de ellos; y no se ve afectado por procesos de alteración post-magmáticos, como puede ocurrir en el caso del Th y el K (Yeates *et al.*, 1982).

Partiendo de los conceptos antes mencionados, y considerando una génesis hidrotermal para los depósitos (Smirnov, 1980), se elaboró una propuesta de clasificación geológica para la mineralización metálica endógena (modelo menífero "a priori") en la región (Tabla 1). En la Fig. 1, se presentan las secciones hipotéticas que ilustran

TABLA 1. Propuesta de clasificación geológica para la mineralización metálica endógena en la Isla de la Juventud.

Características	Zona de deposición menífera "cerca de la superficie" (Sabana Grande).	Zona de deposición menífera "subvolcánica suprayacente" (Delita).	Zona de deposición menífera "subvolcánica infrayacente". (Lela).
Profundidad aproximada de formación (m)	300-500	500-1200	1200-2500
Asociación geológica	Espacial-estructural-temporal con el vulcanismo andesítico-dacítico en depresiones y/o grábenes rellenos por formaciones vulcanógenas-sedimentarias del mesocenoico.	Espacial estructural-temporal débilmente manifestada con rocas subvolcánicas ácidas: pórfido granítico, cuarzoso, cuarzo-feldespático.	Espacial estructural-temporal con "stocks" subvolcánicos y diques de composición ácida: pórfido granítico, cuarzoso, cuarzo-feldespático.

Continúa

TABLA 1 (Continuación)

Características	Zona de deposición menífera "cerca de la superficie" (Sabana Grande).	Zona de deposición menífera "subvolcánica suprayacente" (Delita).	Zona de deposición menífera "subvolcánica infrayacente". (Lela).
Tipo genético	Hidrotermal-vulcanógeno.	Hidrotermal	Pneumatolítico-hidrotermal.
Mineralización útil	Au-Ag	Au-Ag (Cu)	Mo-W
Asociación menífera y tipo de mineralización	Auro-argentífera-polimetálica; filoneana, tubos y "stockwork".	Auro-argentífera compleja cuarzo-polisulfurosa; filoneana. Auro-argentífera polisulfurosa en rocas carbonosas; vetítico-diseminada.	Cuarzo-turmalena-ferberítica con pocos sulfuros; filoneana, vetítico diseminada y "stockwork". -Turmalino-molibdénica con pocos sulfuros; vetítico-diseminada, tubos y "stockwork".
Elementos indicadores y orden de su deposición.	Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb.	(W), (Bi), As, Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb.	Mo, W, Bi, Sn, As, Cu.
Principales tipos de alteración.	Argilización, propilitización, cuarcificación.	Beresitización, grafitización.	Cuarcificación turmalinización, beresitización.
Objetos geológicos característicos.	Estructura vulcano-plutónicas, cuerpos subhorizontales de metasomatitas siliceo-cuarzosas en las brechas tectónicas.		Zonas de mineralización pirítica vetítico-diseminada dispersa, tubos de explosión con brechas turmalinizadas, cuerpos de metasomatitas siliceo cuarzosas.
Otras asociaciones meníferas posibles.	Au-Ag con As y Sb, y pocos sulfuros.	As-Cu	

los principales aspectos morfológicos de la asociación geológica correspondiente a cada zona de deposición menífera. En estas secciones se ha evaluado, aproximadamente, el corte erosionado en los campos metálicos, Delita y Lela, y se ha supuesto pre-

dictivamente para la zona de la depresión grabenoide Sabana Grande. En sentido general, a juzgar por la información geológica, geoquímica, geofísica y geomorfológica disponible (Garapko *et al.*, 1974; Millán, 1981; Pardo *et al.*, en prensa *a, b*), el actual

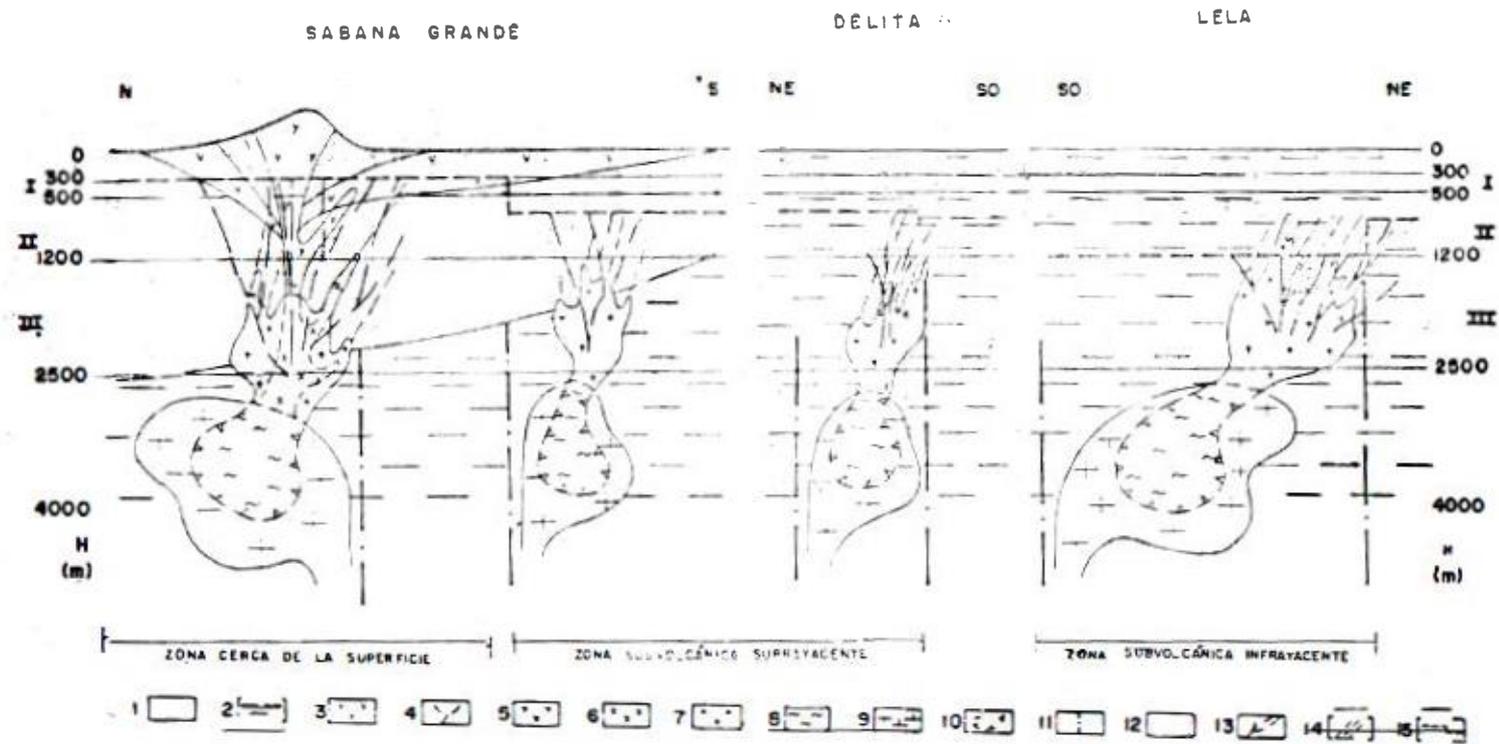


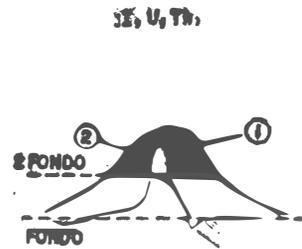
Fig. 1. Secciones hipotéticas de las "zonas de deposición menífera" (conocidas y supuestas) en la Isla de la Juventud. Escala aproximada 1:50 000. 1. Vulcanitas cretácicas; 2. Metamorfitas; 3. Facies de chimenea; 4. Brechas de lava; 5. Efusivos de composición semejante al intrusivo; 6. Intrusivo que es foco volcánico; 7. Intrusivo subvolcánico de la fase posterior de introducción; 8. Mezcla de granito; 9. Intrusivo hipoabisal de la fase inicial de introducción; 10. Dirección de la solidificación; 11. Falla profunda; 12. Zona de alteración hidrotermal y aureolas mineralo-geoquímicas; 13. Fallas que emplazan los objetos meníferos; 14. Diques; 15. Nivel estimado del corte erosionado.

corte de erosión alcanza las anomalías mineralo-geoquímicas, por lo que en sentido general, la mineralización oculta resulta detectable por los métodos de investigación de superficie. Un objetivo más difícil para estos métodos resultan los posibles depósitos ocultos-enterrados, cuya existencia no se descarta en los límites próximos a la ciénaga de Lanier en el extremo meridional del macizo metamórfico.

Como resultado de la generalización, durante la evaluación de la naturaleza geológica de las anomalías geofísicas y geomorfológicas en el área de los depósitos conocidos, y partiendo del modelo menífero elaborado para la región, se estableció la clasificación de los modelos físico-geológicos "a priori" para la mineralización metálica endógena en el territorio (Tabla 2) y se determinaron los índices geofísicos de las alteraciones minerales de las rocas cercanas a la mena (Fig. 2). La clasificación

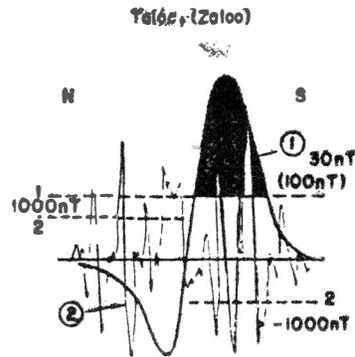
mencionada considera las mismas clases utilizadas en la clasificación geológica de los depósitos ("zonas de deposición menífera") y supone dos niveles distintos de generalización: uno para el depósito mineral, y otro para el campo menífero. En el primero se examinan las formas geométricas aproximadas de los objetos meníferos y geológicos característicos, y los contrastes de las propiedades físicas determinantes. En el segundo se examinan las formas y disposición en el plano de las anomalías geofísicas complejas sobre el campo menífero y los correspondientes contrastes en las propiedades físicas determinantes.

De otra parte, el insuficiente estudio mineralógico y petrofísico de las zonas de alteración hidrotermal en los depósitos conocidos, determinan el carácter tan sólo orientativo de los índices geofísicos considerados en la Fig. 2.

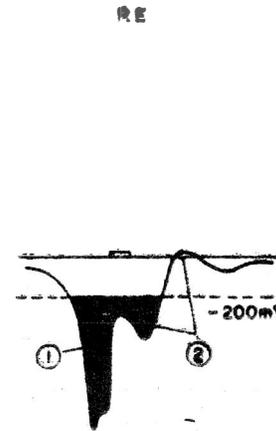


ΣK FONDO = 1,5 $\mu r/h$
 K FONDO = 0,5 %
 U FONDO = p. p. m.
 Th FONDO = 8 p. p. m.

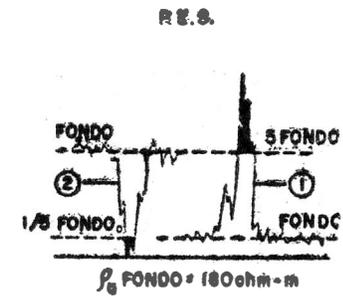
- ① Anomalías de intensidad total asociadas con procesos de metasomatismo hidrotermal con los que se relaciona la mineralización metálica endógena.
- ② Anomalías de naturaleza K-U vinculadas con la mineralización metálica endógena.



- ① Anomalías positivas locales vinculadas al desarrollo de los procesos de sulfatación (pirrotinización) y hematización.
- ② Campo intensamente desarticulado provocado por la cubierta eluvial de perfiles magnéticos (y radioactivos).



- ① Anomalías negativas intensas vinculadas al desarrollo de los procesos de grafitización y piritización.
- ② Máximos de la curva de P.E. vinculados con las zonas mineralizadas.



- ① Máximos de resistividad vinculados con el desarrollo del proceso de silicificación.
- ② Mínimos de resistividad vinculados con el desarrollo del proceso de grafitización.

Fig. 2. Índices geofísicos de las alteraciones minerales de las rocas cercanas a la mena en los objetos meníferos patrones. Escala horizontal aproximada 1:50 000.

TABLA 2. Clasificación de los modelos-físico-geológicos "a priori" para la mineralización metálica endógena en la Isla de la Juventud.

σ - densidad efectiva; k - susceptibilidad magnética; N_a - polarizabilidad aparente; PE - potencial espontáneo; P_a - resistividad aparente; (K-U) - actividad gamma de naturaleza potásico-uránifera; H - relieve. Los signos "+" y "-", designan el contraste del atributo con relación al medio encajante.

Formas aproximadas de los modelos para los objetos geológicos y meníferos característicos	Zona de deposición menífera "cerca de la superficie"	Zona de deposición menífera "subvolcánica-suprayacente".	Zona de deposición menífera "subvolcánica-infrayacente".
Elipsoide triaxial	$+N_a, -PE, -k, +H$		$+N_a, +P_a, \pm PE, -K, \pm(K-U), +H.$
Paraboloide elíptico (repitiendo el domo).		$+N_a, -PE, +K, +(K-U), +H.$	$+N_a, -PE, +(K-U), +H.$
Cilindro vertical.	$+N_a, -PE, -k, +H$		$+N_a, -PE, +(K-U), +H.$
Lámina	$-P_a$	$-P_a$	$+P_a$
Elipsoide achatado subvertical.	$-P_a$		
Elipsoide achatado subhorizontal.	$+P_a, +PE, -K, +H$	$+N_a, -PE, +K, +(K-U), +H.$	
Formas en el plano de las anomalías geofísicas complejas			
Isométrica	$-\Delta\sigma$ (central) $+N_a - PE, +K, +H$ (dispuestas anularmente).	$-\Delta\sigma, +k + (K-U), +H$ (central) $+N_a, +P_a -PE$ (dispuestas anularmente).	$-\Delta\sigma, +K, +(K-U), +H$ (central). $+N_a, +P_a, -PE$ (dispuestas anularmente).
Linealmente extendida.	$+N_a, -P_a, -PE, -K, +H.$	$+N_a, -P_a, -PE, +H, +(K-U), +H.$	

ARGUMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS E ÍNDICES DEL PRONÓSTICO

Considerando que el objeto de estudio en la prospección geofísica de metales raros y preciosos lo constituye la estructura encajante de la mena (Aristov y Lyaknov,

1982), y conociendo las particularidades geólogo-metalogénicas de la región de estudio referidas en párrafos anteriores, así como la escala prevista para el pronóstico

de la mineralización (1:50 000), se propone como objeto del pronóstico, el establecimiento de la regularidad en la distribución espacial de las zonas anómalas vinculadas con la mineralización. Como objeto a modelar se propone el campo metalífero.

Para la correcta argumentación de los índices del pronóstico es necesario considerar de forma integral los criterios e índices geológicos de búsqueda de la mineralización para la región de estudio. Ambos aspectos fueron precisados durante el proceso de evaluación de la naturaleza geológica de las anomalías geofísicas, geoquímicas y geomorfológicas en los depósitos conocidos, y se resumen en los epígrafes siguientes:

Criterios geológicos de búsqueda

- C. magmático-tectónico: Techo de los apófisis diferenciados de pequeñas intrusiones hipoabisales, fundamentalmente de composición ácida, localizadas en la intersección de fallas profundas regionales.
- C. tectónico-estructural: Trampas minerales formadas en los cierres de las estructuras plegadas mayores (predominantemente antiformas), o en las flexuras pronunciadas de las capas en sus flancos, al ser atravesadas por zonas de agrietamiento tectónico.
- C. litoestratigráfico: Paquetes donde predominan los esquistos metaterrígenos, preferentemente enriquecidos en grafito y mica, que sirven de barrera geoquímica para la deposición sulfurosa durante el ascenso de las soluciones hidrotermales. Favorables condiciones se crean, en particular, en el contacto de los paquetes mencionados con paquetes de esquistos cuarcíferos metapsamíticos y/o mármoles.

Índices geológicos de búsqueda

Índices directos:

- I. geológicos: Presencia de vetas, diques, tubos de explosión, y/o rocas hidrotermalmente alteradas con mineralización.
- I. geoquímicos: Presencia de aureolas primarias complejas de la serie de elementos: Mo, W, Bi, Sn, As (Au), Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Sb.

Índices indirectos:

- I. geológicos: Presencia de vetas de cuarzo-turmalina, rocas hidrotermalmente alteradas y de cuerpos subvolcánicos de composición ácida.
- I. geoquímicos: Presencia de anomalías exógenas complejas de la misma serie de elementos.
- I. geofísicos: Presencia de anomalías radioactivas de naturaleza compleja potásico-uranífera (K-U) vinculadas con las rocas subvolcánicas de composición ácida y la mineralización; anomalías magnéticas locales positivas relacionadas con los procesos de sulfurización y hematización, y negativas relacionadas con el proceso de silicificación; anomalías negativas intensas de potencial espontáneo (CEN) relacionadas con los procesos de piritización y grafitización; anomalías intensas de resistividad: máximos relacionados con el proceso de silicificación, o mínimos relacionados con el proceso de grafitización.
- I. geomorfológicos: Presencia de crestas, montículos y/o grupos aislados de pequeñas elevaciones, relacionadas fundamentalmente con el área de rocas alteradas.

ELABORACIÓN DE LOS MFG "A POSTERIORI" EN LOS CAMPOS METALÍFEROS DELITA Y LELA

Los modelos se elaboraron a partir de la generalización de los índices geológicos, geoquímicos, geofísicos, y geomorfológicos de búsqueda, en la zona de los depósitos conocidos Delita y Lela. Los resultados se presentan, respectivamente, en la Fig. 3 y Fig. 4. En estos modelos se fijan con carácter predictivo los límites aproximados del campo metalífero, determinados por el contorno de la supuesta zona de beresitización (cuarzo-pirita-sericita) de los depósitos, manifestada en los campos geofísicos de potencial espontáneo (mínimos) y resistividad aparente (máximos). Se establecen además, con igual carácter, los límites aproximados de las áreas mineralizadas de

Mo, W, y Cu en el campo metalífero Lela.

Finalmente en la Fig. 5 se presenta la solución de la tarea directa-inversa de la gravimetría para el caso de la supuesta mineralización de Cu tipo "stockwork" en el flanco *NE* del campo metalífero Lela. El MFG "a posteriori" en cuestión, permite evaluar los parámetros geométricos y petrofísicos aproximados del corte de los objetos perturbadores. Debe señalarse, sin embargo que dada la gran intensidad de la anomalía gravimétrica local (superior a 1 mgal) no se debe descartar la posible presencia de mineralización masiva en el sector, lo cual cambiaría notablemente el cuadro representado en esta figura.

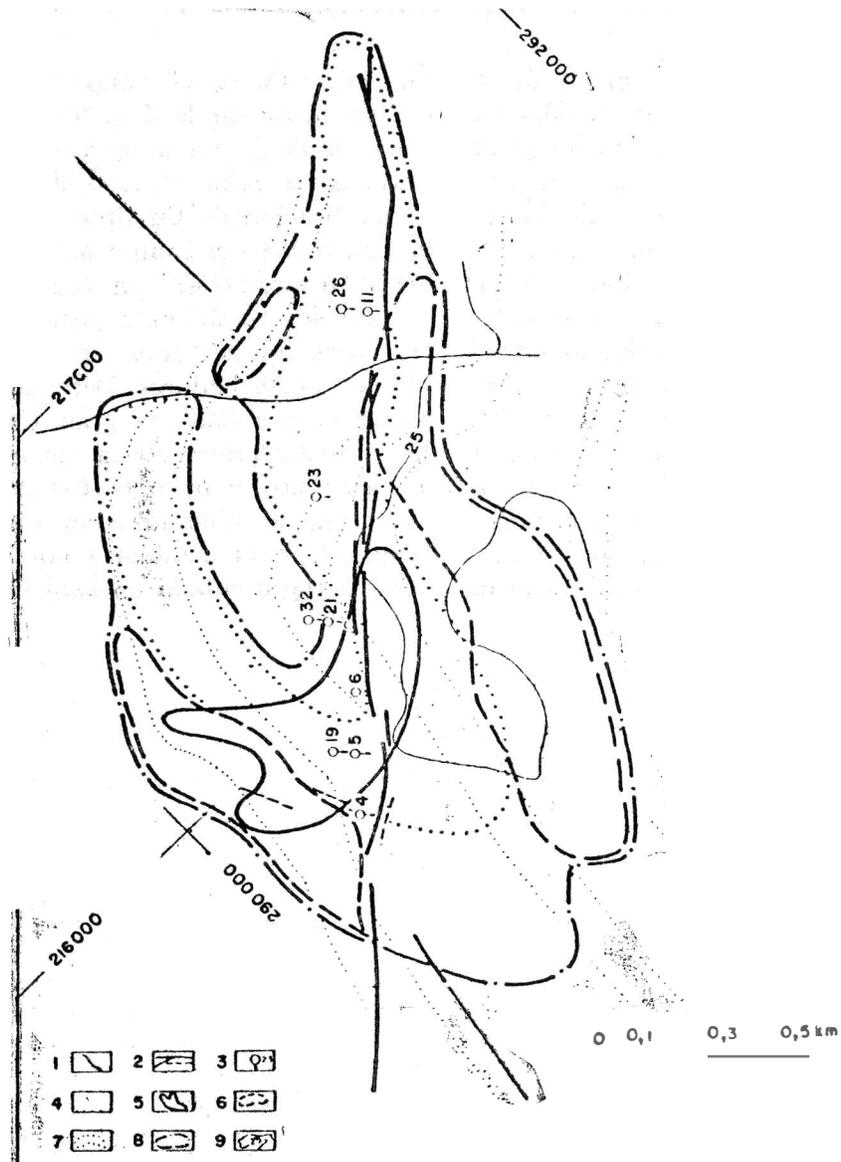


Fig. 3. Modelo físico-geológico "a posteriori" del campo metalífero Delita, Escala 1:10 000. 1. Falla; 2. Objetos meníferos; 3. Pozo con más de 5 g/t de Au; 4. Contactos geológicos; 5. Anomalías geoquímicas exógena de primer orden (Mo, W, Sn, Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb); 6. Contornos de los máximos de Pa > 5 fondo (PES); 7. Contornos de los mínimos de PE -200mV; 8. Contorno supuesto de la zona de beresitización; 9. Curva de nivel (en m).

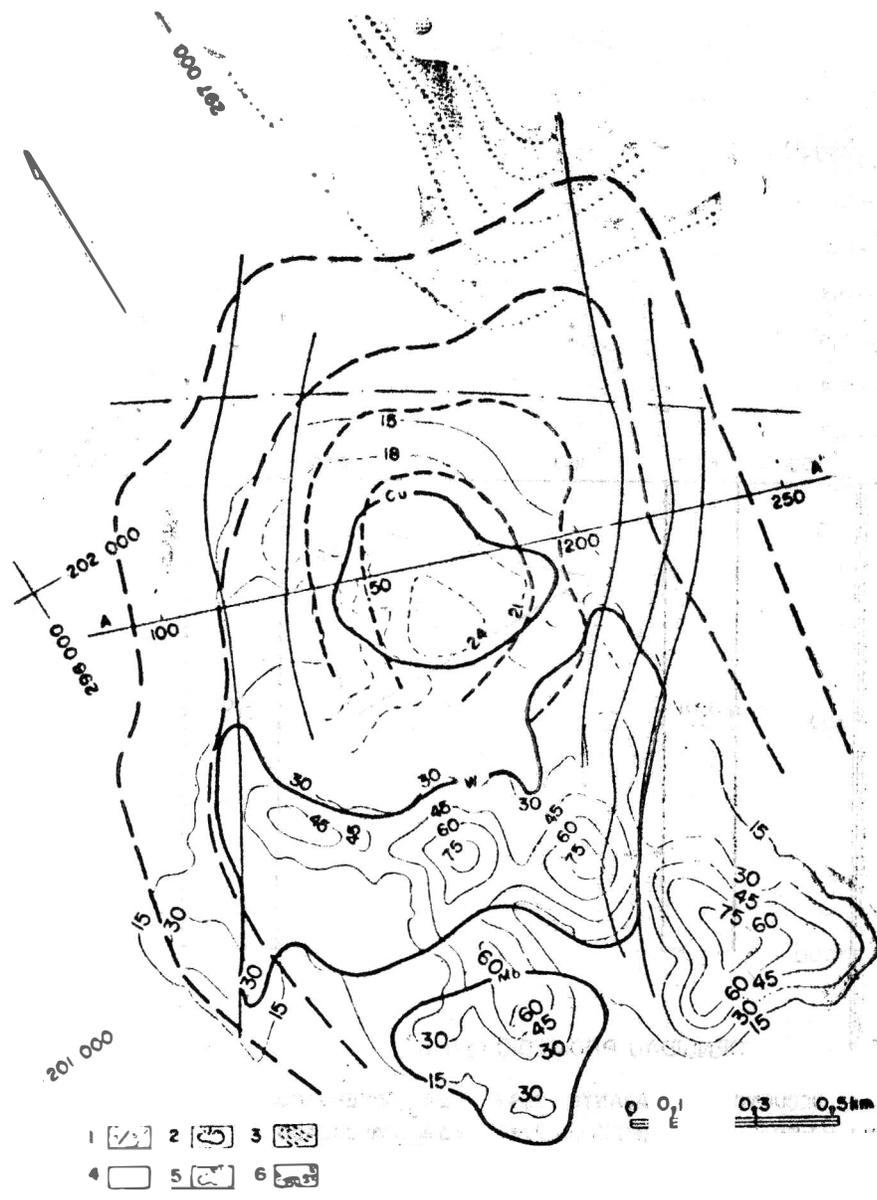
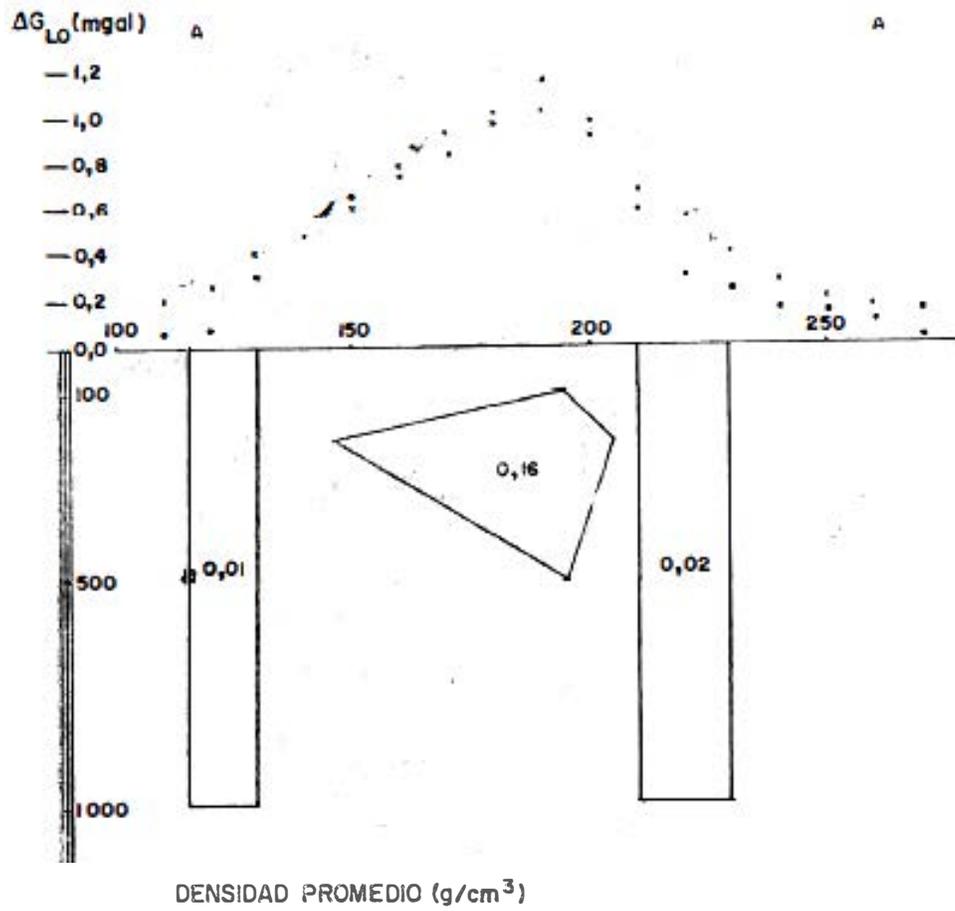


Fig. 4. Modelo físico-geológico "a posteriori" del campo metalífero Lela. Escala 1:10 000. 1. Falla, a segura, b supuesta; 2. Contorno supuesto de las zonas mineralizadas de Mo, W, Cu; 3. Contorno supuesto de la zona de beresitización; 4. Contactos geológicos; 5. Curva de nivel (en m) 6. Perfil de cálculo.



DENSIDAD PROMEDIO (g/cm³)

SECUENCIA ENCAJANTE 2,64 · ΔG_{L0} OBSERVADO
 ZONA MINERALIZADA (0,65% Cu) 2,80 × ΔG_{L0} CALCULADO

REF. TALWAIN, N. 1964, PROGRAMA "DIREC", FORTRAN, ISPJAE

Fig. 5. Modelo físico-geológico "a posteriori" de la supuesta mineralización de Cu tipo "stockwork", en el flanco NE del campo metalífero Lela. Escala 1:10 000.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la generalización durante la evaluación de la naturaleza geológica de las anomalías geofísicas, geoquímicas y geomorfológicas, en el área de los depósitos conocidos tomados como patrones meníferos, Delita y Lela, apuntan hacia la comunidad en el plano regional de los factores magmáticos, tectónicos-estructurales y litoestratigráficos que controlan la mineralización metálica endógena (Mo, W, Cu, Au-Ag) en la región occidental de la Isla de la Juventud. Sobre esta base, el modelo menífero "a priori" elaborado (hipótesis de trabajo), enfoca los aspectos de la asociación geológica, la génesis y las particularidades de la mineralización (morfo-estructurales, mineralogo-geoquímicas y geofísicas) desde el punto de vista de los conceptos sobre "las zonas de deposición metalífera." (Kitaev, 1982) y sobre "la relación granito metalífera" (Stemprok, 1982). En resumen, el modelo supone la presencia de rocas subvolcánicas ácidas cercanas a la superficie (aproximadamente 1 km), que

representan los apófisis diferenciados de pequeñas intrusiones hipoabisales localizadas en la intersección de fallas profundas. Con estas rocas subvolcánicas se relaciona la mineralización hidrotermal zonada de distinto tipo concebida como variedades faciales en función de la profundidad de formación, y su ocurrencia está condicionada, en sentido general, por el actual nivel del corte erosionado.

Finalmente, a modo de ilustración de la función predictiva del MFG, y sobre la base del modelo menífero referido, se proponen los límites aproximados de los campos metalíferos Delita y Lela y de las áreas mineralizadas de Mo, W, y Cu para este último campo. El MFG "a posteriori" de la supuesta mineralización de Cu tipo "stockwork", en el flanco *NE* del yacimiento Lela, permite, al evaluar los parámetros físico-geométricos del corte de los objetos perturbadores, la elaboración de un diseño de recomendación para la dirección de su futura prospección.

REFERENCIAS

- Ananin, V., *et al.* (1976): "Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda-exploración realizados en 1973-1975 en el yacimiento aurífero Delita, Isla de Pinos" [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Aristov, V. V. y L. L. Lyakhov (1982): Búsqueda superficial y profunda de depósitos minerales ocultos; parte II [en ruso]. *Geol. y Prospección*, 9:89-109.
- Bulguel'skiy, Y., O. Vázquez, *et al.* (1985): *Yacimientos de minerales útiles de Cuba* [en ruso]. Editorial Nauka, Moscú, 263 pp.
- Dukhovskiy, A. A. (1980): Geophysical characteristic of greisen deposits. *Internatl. Geol. Rev.*, 24(1):44-52.
- Garapko, I., *et al.* (1974): "La composición geológica y los minerales útiles de Isla de Pinos; informe sobre el levantamiento geológico y las búsquedas a escala 1:100 000 realizado en 1971-1974" [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Kitaev, N. A. (1982): Sobre las zonas de mineralización aurífera en Transbaikalia Oriental [en ruso]. *Geol. y Geof.*, 2:53-60.
- Liubi, L. I., *et al.* (1984): Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo realizado en la Isla de la Juventud en 1983" [en ruso] [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Millán, G. (1979): "Esquema geológico y tectónico del macizo metamórfico de la Isla de la Juventud a escala 1:100 000" [inédito], Instituto de Geología y Paleontología, La Habana.

- Page, L. R., y J. F. Mc Allister (1944): Tungsten deposits: Isla de Pinos, Cuba. *Bull. Geol. Survey, Washington*, 935(D):117-346.
- Pardo, M. E. (1982a): El papel de los métodos geofísicos para la búsqueda de la mineralización aurífera en la Isla de la Juventud. *Ser. Geol. CIG*, 4:29-54.
- (1982b): El papel de los métodos geofísicos para la búsqueda de la mineralización wolfrámica en la Isla de la Juventud. *Ser. Geol. CIG*, 6:10-26.
- Pardo, M. E. y H. E. Amador (1985): "Álbum de las anomalías geofísicas, modelos físico-geológicos, y zonación de los campos geofísicos en objetos patronés. Catálogo de las anomalías geofísicas perspectivas, región noroccidental de la Isla de la Juventud". En "Informe del tema 0106: Sistematización y generalización geofísica de la República de Cuba" [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Pardo, M. E., et al. [en prensa a]: "Nuevos datos sobre la estructura geológica de la Isla de la Juventud en base a la interpretación de los datos geofísicos y geomorfológicos; constitución profunda del macizo metamórfico", *Ser. Geol. CIG*, La Habana.
- Pardo, M. E., et al [en prensa b]: "Nuevos datos sobre la estructura geológica de la Isla de la Juventud en base a la interpretación de los datos geofísicos y geomorfológicos; estructura interna del macizo metamórfico", *Ser. Geol. CIG, La Habana*.
- Smirnov, V. I. (1980): *Geología de yacimientos minerales*. Editorial MIR, Moscú, 878 pp.
- Semeonenko, N., et al. (1980): "Informe final sobre la exploración orientativa con el cálculo de reservas del yacimiento de oro Delita, Isla de la Juventud" [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Sánchez, J., et al. (1984): "Informe final de la búsqueda orientativa para W-Au, y otros, en Sigüanea, Isla de la Juventud [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.
- Stemprok, M. (1982): Yacimientos minerales asociados a los granitos. La naturaleza y sus recursos. *Bol. del PICG*, 18(3):29-34.
- Vakhromeyev, G. S. y A. S. Baryshev (1984): The classification of physico-geological models of mineral deposits. *Geoph. Prosp.*, 32(1):63-78.
- Yeates, A. N., et al. (1982): Application of gamma-ray spectrometry to prospecting for tin and tungsten granites, particularly within the Lachlan fold belt, New South Wales. *Econ. Geol.*, 77(6):1725-1738.
- Zacedatelev, V. V. (1967): "Informe sobre los resultados de los trabajos geofísicos realizados en 1966-1967 en Isla de Pinos" [inédito], Centro Nacional de Fondo Geológico, La Habana.

PARDO: USO DEL MODELAJE FISICO-GEOLOGICO

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 18, 1990

THE CASE OF PHYSICAL-GEOLOGICAL MODELLING IN THE PROGNOSTIC OF ORE FIELDS AN EXAMPLE: ISLA DE LA JUVENTUD, CUBA

Manuel E. PARDO ECHARTE

ABSTRACT. *The use of the physical-geological modelling (PGM) for the argumented definition of the prognostic objectives and indexes for the endogenic metallic mineralization in the region of Isla de la Juventud is examined. On the base of the generalization of the geophysical, geochemistry and geomorphological data in the area of the known deposits (Delita and Lela), which were taken as ore-bearing patterns, a geological model has been built up for the mineralization in the region. This model supposes the presence of some stocks of subvolcanic acid rocks near to the surface that represents the differentiated apophysis of small hipoabysal intrusions that lay on the intersection of deep regional faults. The zoned hydrothermal mineralization of different types are related to these stocks as a facial variety in function of the formation depth. The occurrence of one or an other type of mineralization, in general sense, is conditioned by the present level of the eroded section. As an illustration of the predicting function of the PGM, the approximate limit of the ore-bearing fields named Delita and Lela is established and also for the mineralized areas of Mo, W and Cu in Lela's deposit. Finally, the physical-geometric parameters of the section for the supposed mineralization of Cu from the "stockwork" type in the NE flank of the ore-bearing field Lela is evaluated.*