

PRONOSTICO GEOQUIMICO DE MINERALIZACION SULFUROSA EN EL DISTRITO METALOGENICO DORA-FRANCISCO, CUBA OCCIDENTAL

GEOCHEMICAL PROGNOSIS OF SULFUROUS MINERALIZATION IN THE DORA-FRANCISCO METALOGENIC DISTRICT, WESTERN CUBA

JOSE FRANCISCO LASTRA RIVERO

E-mail: jlastra@geo.upr.edu.cu
Universidad de Pinar del Río

RESUMEN: La recopilación de la información geólogo-geoquímica preliminar existente sobre el Distrito Metalogénico Dora-Francisco, ha servido de base para los trabajos de reconocimiento realizados por la Asociación Económica Holmer Gold Mines Limited-Geominera S.A. durante el período 1994-1998.

Con el objetivo de aclarar los rasgos fundamentales que caracterizan el alojamiento de yacimientos hidrotermales y, de esta manera, ofrecer un pronóstico geoquímico veraz, es propuesta una metodología en la que se integran las técnicas de clasificación con aprendizaje (programas expertos) y la estadística multivariada (análisis de componentes principales).

Los resultados del procesamiento de la información litogeoquímica disponible se exponen como mapas geoquímicos patrones para el pronóstico de mineralización sulfurosa (cuprífera y polimetálica). La superposición de éstos con el mapa geológico posibilita apreciar relaciones entre las anomalías litogeoquímicas complejas descubiertas y determinadas secuencias litológicas de la formación San Cayetano, lo cual contribuye favorablemente a corroborar la especialización geoquímica del Distrito Metalogénico Dora-Francisco.

Como resultado se proponen sectores de prospección con órdenes de prioridad diferenciados que responden a la integración de las categorías prospectivas asignadas, la correspondencia con secuencias de la formación San Cayetano favorables para alojar mineralización sulfurosa y la continuidad espacial de las diferentes Unidades de Información Básicas definidas.

Palabras clave: geoquímica, yacimientos minerales, pronóstico geoquímico, análisis de componentes principales, programas expertos.

ABSTRACT: The recompilation of the geologist-geochemical information preliminary existing on the Metalogenic District Dora-Francisco, has served of base for the recognition projects accomplished by Economic Association Holmer Gold Mines Limited-Geominera S.A. during the period 1994-1998.

With the objective of clarifying the fundamental features that characterize the location of hydrothermal deposits in this region and, in this way, offer a true geochemical prognosis, is proposed a methodology where are combined the classification techniques with learning (expert programs) and the multivariate statistic (principal components analysis).

The results of processing of the available geochemical data are shown as standards geochemical maps to the prognosis of sulfurous mineralization (cupriferous and polymetallics). The overlapping of geochemical maps with the geological map make possible to appreciate relationships between the complex lithogeochemical anomalies uncovered and given lithological sequences of the formation San Cayetano, something which contributes favorably to corroborate the geochemical specialization of the Metalogenic District Dora-Francisco.

As a result final are proposed exploration sectors with differentiated priority orders that answer to the integration of the prospective categories assigned, the correspondence with sequences of the San Cayetano formation favorable to host sulfurous mineralization and the spatial continuity of the different Units of Basic Information defined.

Key words: geochemistry, mineral deposits, geochemical prognosis, principal components analysis, experts programs.

INTRODUCCIÓN

El Distrito Metalogénico Dora-Francisco está ubicado en la Cordillera de Guaniguanico, Alturas Pizarrosas del Norte, extremo noroccidental de la provincia de Pinar del Río, Cuba (Fig. 1).

Su potencialidad metalífera se vincula con la existencia de yacimientos y manifestaciones minerales del tipo SEDEX alojados en los depósitos terrígenos de la Formación San Cayetano (J_{1-3}). Esta investigación responde a la necesidad de esclarecer los criterios geoquímicos

para la prospección de mineralización sulfurosa en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco. Se define como objetivo preliminar la ejecución de un pronóstico geoquímico regional a escala 1:50 000, sobre la base del procesamiento integral de la información litogeoquímica (Burov et al., 1985), haciendo uso de una metodología en la que se integran la aplicación de programas expertos y análisis de componentes principales (Lastra, 1998).

La superposición de los mapas geoquímicos complejos y el mapa geológico, constituyó el colofón de los resultados esperados, que permitió esclarecer el panorama

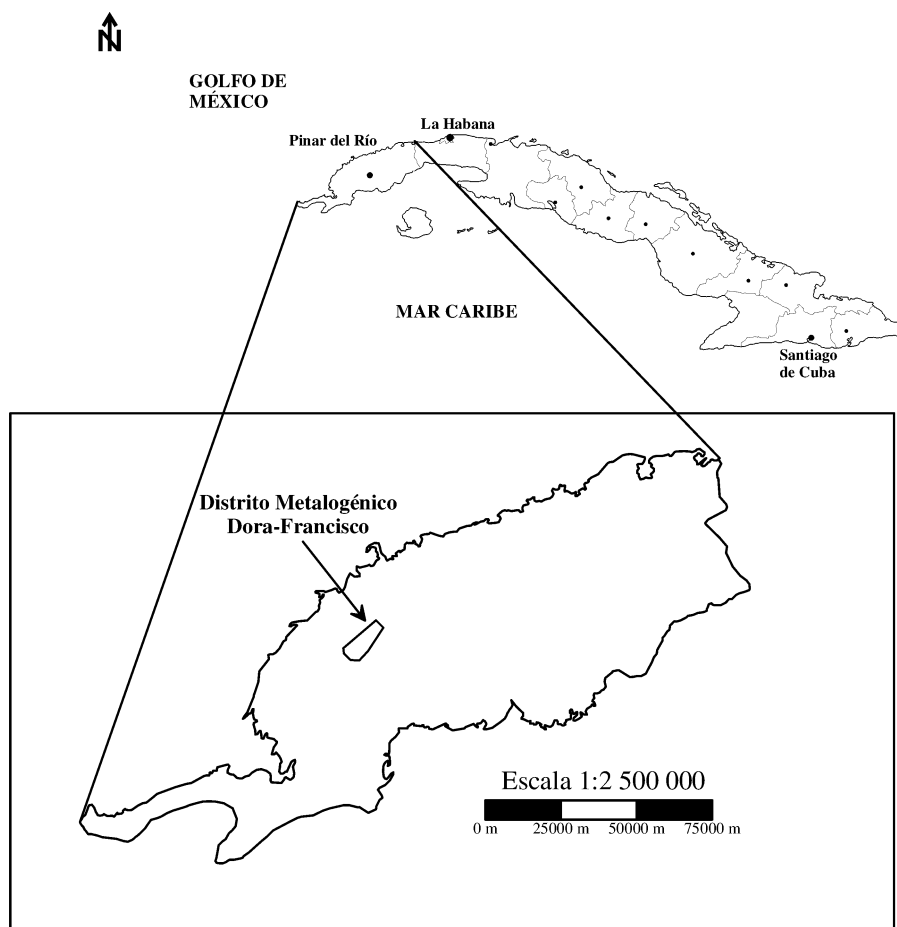


Fig. 1. Mapa de ubicación regional.

metalogénico de la región y orientar adecuadamente las investigaciones prospectivas en diferentes sectores seleccionados según órdenes de prioridad.

ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y METALOGENIA DE LA REGIÓN

El mapeo geológico de esta región a escala 1:50 000 (Burov et al., 1985) permitió evaluar el corte estratigráfico, las particularidades de los movimientos tectónicos del Eoceno y la presencia de algunas manifestaciones de magmatismo jurásico y paleocénico. De acuerdo con esto, el corte estratigráfico regional incluye las formaciones siguientes: San Cayetano (J_{1-3} sc), Jagua (J_3 jg), Guasasa (J_3 - K_1 gs), Pons (K_1 - K_2 pn), Ancón (P_1 ac) y Manacas (P_{1-2} mnc). Sin embargo, en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco las que se manifiestan son la formación San Cayetano y la formación Manacas (Fig. 2).

Se ha demostrado por numerosos investigadores que la potencialidad metalífera de esta región está asociada a la formación San Cayetano. Burov et al. (1985) propone su subdivisión en 3 subformaciones y varias secuencias litológicas: primera subformación (sc_1^1 , sc_1^2), segunda subformación (sc_2^1 , sc_2^2) y tercera subformación (sc_3). Como resultado del mapeo geológico ejecutado durante la prospección preliminar de mineralización cuprífera y polimetálica en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco

(Lara et al., 1989), se propone la subdivisión de la formación San Cayetano para esta región en 5 secuencias litológicas: sc^a , sc^b , sc^c , sc^d , sc^e , cada una de las cuales se asocia con un tipo de mineralización. Los criterios seguidos para estas clasificaciones por ambos investigadores convergen, al extremo de poder establecerse equivalencias entre éstas.

La tectónica post-jurásica (fundamentalmente eocénica) ha complicado de forma extraordinaria la geología de la región, y ocasionado una gran fracturación representada por fallas longitudinales y transversales. Los cabalgamientos son numerosos y durante el mapeo se definen con claridad varias escamas tectónicas.

La metalogenia tiene como fundamento la existencia de varias manifestaciones y pequeños depósitos minerales cupríferos y polimetálicos explotados parcial o totalmente. Atendiendo a la distribución espacial de estos y a su ubicación en escamas tectónicas bien diferenciadas, se propone la subdivisión del Distrito Metalogénico Dora-Francisco en tres estructuras metalíferas: Francisco-Loma Hierro (septentrional), Cándida (central) y Dora-Amistad (meridional), extendidas según la dirección noreste-suroeste. La continuidad entre ellas se expresa en forma de una franja alargada en dirección noreste-suroeste que aloja diferentes depósitos minerales, todos ellos asociados a las rocas clásticas de la formación San Cayetano (Fig. 2):

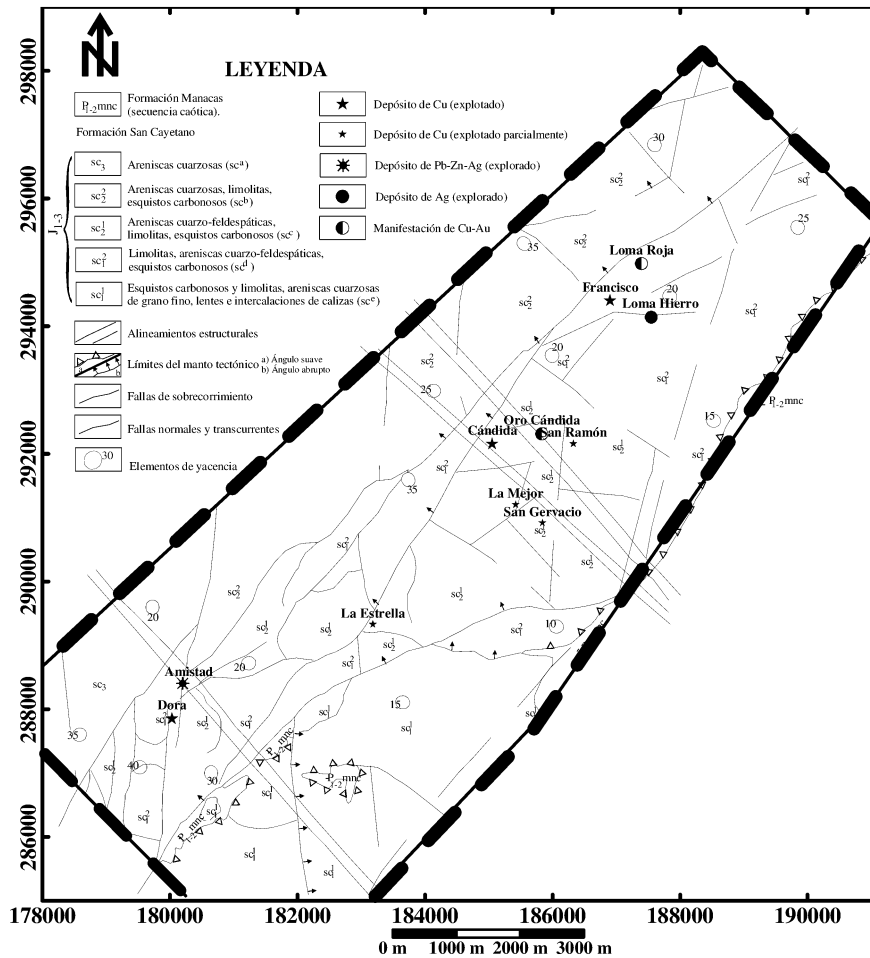


Fig. 2. Esquema geológico. Distrito metalogenico Dora-Francisco (Burov et al., 1985).

- Estructura metalífera Francisco-Loma Hierro. Dentro de ella están incluidos el depósito cuprífero Francisco (explotado), el depósito argentífero oxidado Loma Hierro (en exploración) y la manifestación cuprífera Loma Roja (en prospección).
- Estructura metalífera Cándida. En ella se localizan el depósito cuprífero Cándida (explotado), la manifestación arseno-aurífera Oro Cándida (en prospección), la manifestación cuprífera La Mejor (en prospección), la cuprífera San Gervasio (parcialmente explotada) y la cuprífera La Estrella (parcialmente explotada).
- Estructura metalífera Dora-Amistad. Sus representantes fundamentales son el depósito cuprífero Dora y el de plomo-zinc-plata Amistad.

MODELO GEOQUÍMICO CONCEPTUAL Y CREACIÓN DE LOS PROGRAMAS EXPERTOS

Como principio se estableció que toda investigación dirigida a la prospección de depósitos minerales debe estar sustentada por una base teórica que exprese los conceptos, las regularidades y las leyes vinculados a la distribución de los elementos indicadores de la mineralización en las anomalías geoquímicas. Esta base teórica ha sido definida como Modelo Geoquímico Conceptual, con un

significado tal que permita valorar la influencia de varios parámetros geoquímicos en el pronóstico de mineralización sulfurosa de origen hidrotermal (SEDEX), alojada en rocas sedimentarias clásticas (Gustafson y Williams, 1981; Large, 1983), para lo cual se tuvieron en cuenta varios rasgos de las anomalías litogeoquímicas identificativas de la mineralización sulfurosa: composición química, intensidad, asociaciones paragenéticas de elementos y distribución espacial.

Composición química. La mineralización sulfurosa está relacionada con anomalías geoquímicas de Cu, Mo, Co, Pb, Zn, Ag y Ba y se establecen algunas distinciones entre la mineralización cuprífera y la mineralización polimetálica en cuanto a la manifestación de anomalías geoquímicas de uno u otro elemento. Las anomalías de Cu, Co y Mo están vinculadas a depósitos minerales formados en los canales de ascenso de las soluciones mineralizantes, lo cual permite asociarlas a las zonas de stockwork cuarzo-sulfurosas. Por otra parte, las anomalías de Pb, Zn, Ba y Ag son características de los depósitos minerales estratiformes resultantes de la exhalación de las soluciones mineralizantes en el fondo del mar y la deposición mineral en una cuenca de sedimentación.

Intensidad. La definición de los niveles anómalos para cada elemento indicador de la mineralización es premisa

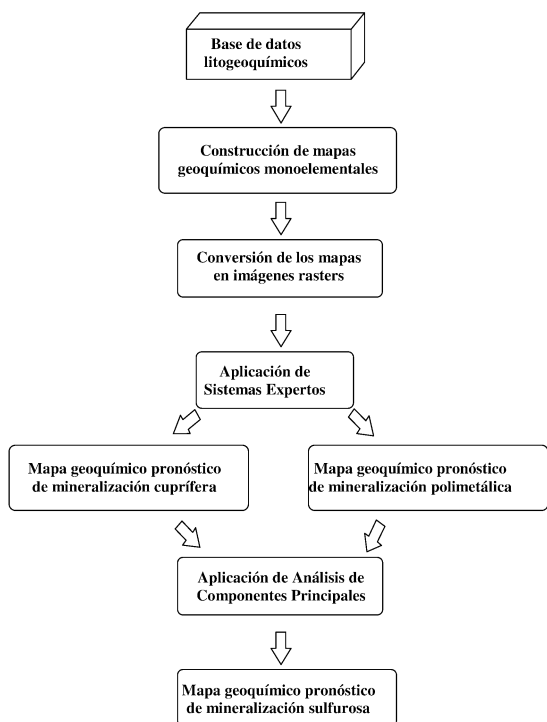


Fig. 3. Metodología para el procesamiento de los datos litogeoquímicos.

fundamental para la interpretación del significado cuantitativo de las anomalías geoquímicas.

Asociaciones paragenéticas de elementos. La coincidencia espacial de dos o más anomalías geoquímicas resulta un indicio favorable que complementa la información resultante de la intensidad de cada anomalía geoquímica monoelemental. Este parámetro contribuye, por tanto, a la evaluación más efectiva de la perspectiva metalífera de una región basada en la conjunción de anomalías geoquímicas de varios elementos que presentan un vínculo genético bien definido. En el caso específico del Distrito Metalogénico Dora-Francisco, las asociaciones paragenéticas fundamentales por cada tipo de mineralización son: Cu-Co-Mo (cuprífera) y Pb-Zn-Ag-Ba (polimetálica).

Distribución espacial. La extensión areal, continuidad y estructura de las zonas anómalas contribuyen a resaltar la potencialidad de la zona estudiada, aspecto este que se debe tener muy en cuenta durante la interpretación. Esto da lugar a valorar la posible zonalidad geoquímica de las aureolas de dispersión primarias y su relación espacial con los objetos que le dieron origen; la posición que ocupan estos elementos dentro de la serie de zonalidad característica para depósitos hidrotermales, indica el siguiente orden de deposición: Mo-Cu-Co-Pb-Ag-Zn-Ba.

Esto se encuentra en plena correspondencia con los modelos metalogénicos actuales (Simón, 1983) que relacionan la formación de los depósitos minerales del Jurásico en Cuba occidental con la creación de células convectivas en un reservorio de rocas sedimentarias y la

precipitación de los componentes de esta solución hidrotermal como resultado de los cambios físico-químicos que experimenta durante su evolución.

Sobre la base del Modelo Geoquímico Conceptual y de la información geoquímica disponible, se definieron varias series de presupuestos que sirven de fundamento a la generación de las Bases de Conocimientos referentes a la mineralización cuprífera y polimetálica.

Las características de la información que se va a procesar y el objetivo de lograr un patrón para el pronóstico geoquímico de estos tipos de mineralización para el Distrito Metalogénico Dora-Francisco con posibilidades reales de ser extendido a otras regiones de Cuba occidental con fines prospectivos, determinan la selección de un sistema experto que permita clasificar la región atendiendo al grado de certidumbre para la existencia de un tipo de mineralización u otra.

El Sistema RELIS (Fernández de Lara, 1993) se ajusta a estos objetivos, permitiendo la creación de Programas Expertos que facilitan la elaboración conjunta de diferentes atributos geoquímicos para cada Unidad de Información Básica (UIB). Cada patrón de pronóstico geoquímico debe apoyarse en una Base de Conocimientos derivada de los presupuestos indicados con anterioridad y que permite transmitir el conocimiento del especialista en forma de un conjunto de reglas de producción.

Estas reglas de producción poseen la estructura siguiente:

$$A \rightarrow S (W_1, W_2)$$

donde:

A (Antecedente): contiene las condiciones correspondientes a una situación dada y utiliza operadores lógicos para conectar una o varias proposiciones.

S (Sucedente): contiene la conclusión en caso de que las condiciones dadas en el antecedente se cumplan.

W_1 : grado de certidumbre si la condición dada en el antecedente se cumple con absoluta seguridad.

W_2 : grado de certidumbre si la condición dada en el antecedente se incumple con absoluta seguridad.

Los valores de W_1 y W_2 para el sistema RELIS varían entre -100 y 100.

Cada atributo geoquímico debe tener asignada una categoría indicativa de la intensidad de las anomalías geoquímicas que ellos representan:

Símbolo	Categoría	Significado
X00	1	Fondo geoquímico (<Ca ₁)
X11	2	Nivel anómalo débil (Ca ₁ -Ca ₂)
X22	3	Nivel anómalo medio (Ca ₂ -Ca ₃)
X33	4	Nivel anómalo intenso (>Ca ₃)

Las reglas de producción elaboradas son de dos tipos, de acuerdo con el carácter de sus implicaciones:

- Las implicaciones están relacionadas con la existencia o no de asociaciones entre anomalías

geoquímicas de dos o más elementos. Esto determina la utilización de operadores lógicos y conectivos para lograr los vínculos o asociaciones previstas: (-) negación, (&) conjunción.

- Las implicaciones sólo sirven para medir la contribución de la intensidad de las anomalías geoquímicas.

El resultado final de la aplicación del sistema RELIS se expresa en los programas expertos CUPR2 y POLI2.

Metodología para el procesamiento de los datos litogeoquímicos

Con el objetivo de establecer procedimientos para la realización del pronóstico metalogénico en Cuba occidental, se han realizado varios intentos con resultados positivos. De esta manera se han podido concebir patrones que ayudan a comprender los factores controladores de la mineralización y, por consiguiente, a esclarecer las potencialidades metalíferas de diferentes regiones; un ejemplo de ello lo constituyen las diferentes técnicas utilizadas para la combinación de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos en el macizo metamórfico de la Isla de la Juventud (Pardo, 1989; Pardo y Díaz, 1989). Sobre la base de estos antecedentes, fue concebida una metodología para el procesamiento de los datos litogeoquímicos (Lastrá, 1998) (Fig. 3) que se aplicó en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco.

TABLA 1. FONDO GEOQUÍMICO Y UMBRALES DE CONTENIDOS ANÓMALOS PARA LOS PRINCIPALES ELEMENTOS INDICADORES DE LA MINERALIZACIÓN (EN ROCAS)

Elemento	Cf (ppm)	Ca ₁ (ppm)	Ca ₂ (ppm)	Ca ₃ (ppm)
Cu	25	80	260	1000
Co	4	15	50	150
Mo	1,5	4	20	100
Pb	20	80	300	1000
Zn	20	100	350	1000
Ba	250	600	2000	6000
Ag	0,15	0,6	3	15

a) Base de datos litogeoquímicos

La información geoquímica disponible consistió en los resultados del análisis espectral de Cu, Mo, Co, Pb, Zn, Ba y Ag en las rocas de la región (Burov et al., 1985), a partir de la cual se confeccionó la base de datos que se iba a utilizar en todo el procesamiento.

b) Construcción de mapas geoquímicos monoelementales.

La confección de los mapas litogeoquímicos monoelementales constituyó la base de todo el procesamiento

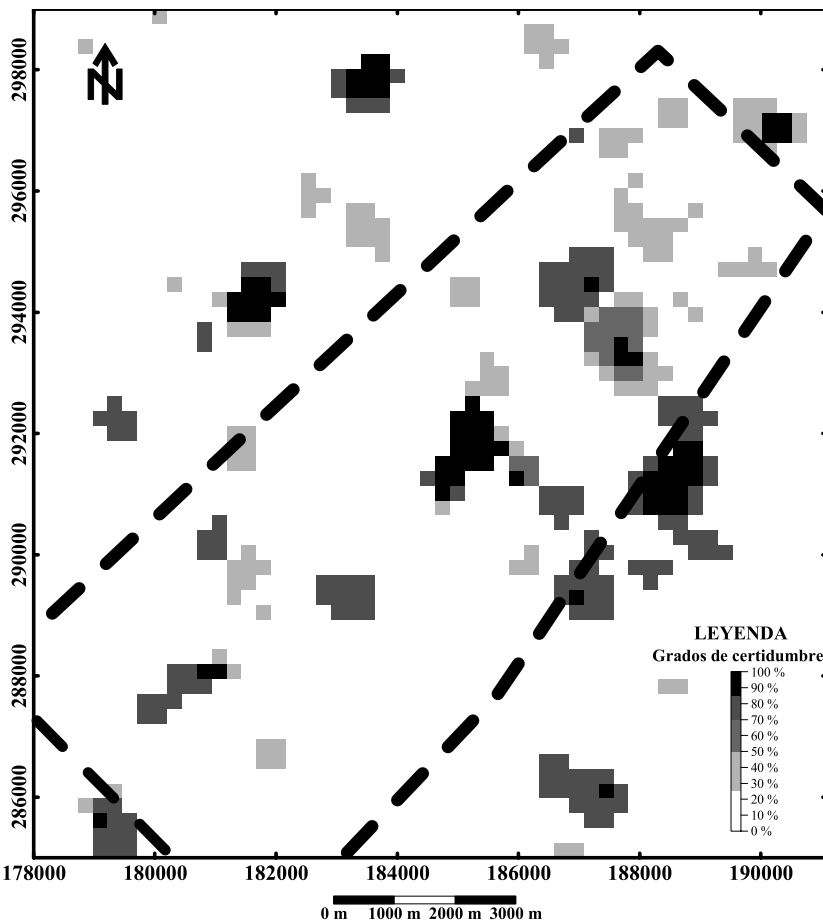


Fig. 4. Mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización cuprífera.

TABLA 2. RELACIÓN ENTRE LOS GRADOS DE CERTIDUMBRE DE LAS UIB Y LAS SECUENCIAS LITOLÓGICAS DE LA FORMACIÓN SAN CAYETANO			
Grados de certidumbre	Secuencias litológicas	Unidades de información básicas	
		Mineralización cuprífera	Mineralización polimetálica
>85%	sc ₁ ¹ (sc ^e)	0	0
	sc ₁ ² (sc ^d)	5	14
	sc ₂ ¹ (sc ^c)	0	8
	sc ₂ ² (sc ^b)	0	0
	sc ₃ (sc ^a)	0	0
70-85%	sc ₁ ¹ (sc ^e)	0	0
	sc ₁ ² (sc ^d)	4	25
	sc ₂ ¹ (sc ^c)	36	26
	sc ₂ ² (sc ^b)	6	13
	sc ₃ (sc ^a)	0	0
50-70%	sc ₁ ¹ (sc ^e)	0	0
	sc ₁ ² (sc ^d)	13	25
	sc ₂ ¹ (sc ^c)	3	49
	sc ₂ ² (sc ^b)	0	11
	sc ₃ (sc ^a)	0	0
25-50%	sc ₁ ¹ (sc ^e)	4	0
	sc ₁ ² (sc ^d)	22	32
	sc ₂ ¹ (sc ^c)	29	34
	sc ₂ ² (sc ^b)	20	53
	sc ₃ (sc ^a)	0	2
Total	sc ₁ ¹ (sc ^e)	4	0
	sc ₁ ² (sc ^d)	44	96
	sc ₂ ¹ (sc ^c)	68	117
	sc ₂ ² (sc ^b)	26	77
	sc ₃ (sc ^a)	0	2

automatizado, empleando para ello el sistema SURFER (versión 7). En este fueron utilizados los resultados de análisis espectral semicuantitativo de 959 muestras litogeoquímicas (Burov et al., 1985) para los elementos indicadores de la mineralización cuprífera (Cu, Co, Mo) y polimetálica (Pb, Zn, Ba, Ag) en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco y sus flancos, haciendo uso de UIB de 750x750 m.

c) Conversión de los mapas en imágenes rasters

Los ficheros .GRD obtenidos en el sistema SURFER son importados por el sistema IDRISI y convertidos en ficheros .IMG, con el fin de realizar con posterioridad los procesamientos de imágenes que corresponden.

d) Aplicación de programas expertos

Las imágenes obtenidas anteriormente son combinadas haciendo uso de los programas expertos CUPR2 y POLI2. De esta forma se logran los mapas patrones para el pronóstico geoquímico de mineralización cuprífera y polimetálica, en los que se establece una diferenciación de las UIB mediante grados de certidumbres.

e) Aplicación de Análisis de Componentes Principales

Con vistas a generalizar los resultados del procesa-

miento anterior y como vía para la ejecución de un pronóstico geoquímico prospectivo de mineralización sulfurosa, se propone la aplicación de Análisis de Componentes Principales, utilizando para ello las facilidades que brinda el sistema IDRISI. Mediante esta técnica de análisis estadístico multivariado, se pueden integrar los grados de certidumbre asociados a la mineralización cuprífera y polimetálica, referidos en los mapas patrones correspondientes, y lograrse una mayor certeza en el pronóstico prospectivo, ya que resulta muy difícil distinguir por separado ambos tipos de mineralización a partir de investigaciones litogeoquímicas regionales. El resultado final de este procesamiento se expresa en el mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización sulfurosa, donde se muestran categorías prospectivas diferenciadas para las UIB involucradas en el procesamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este análisis se incluye solamente el área encerrada en los mapas mediante un polígono de trazo discontinuo, que abarca una superficie de 78,5 km² y un total de 1 264

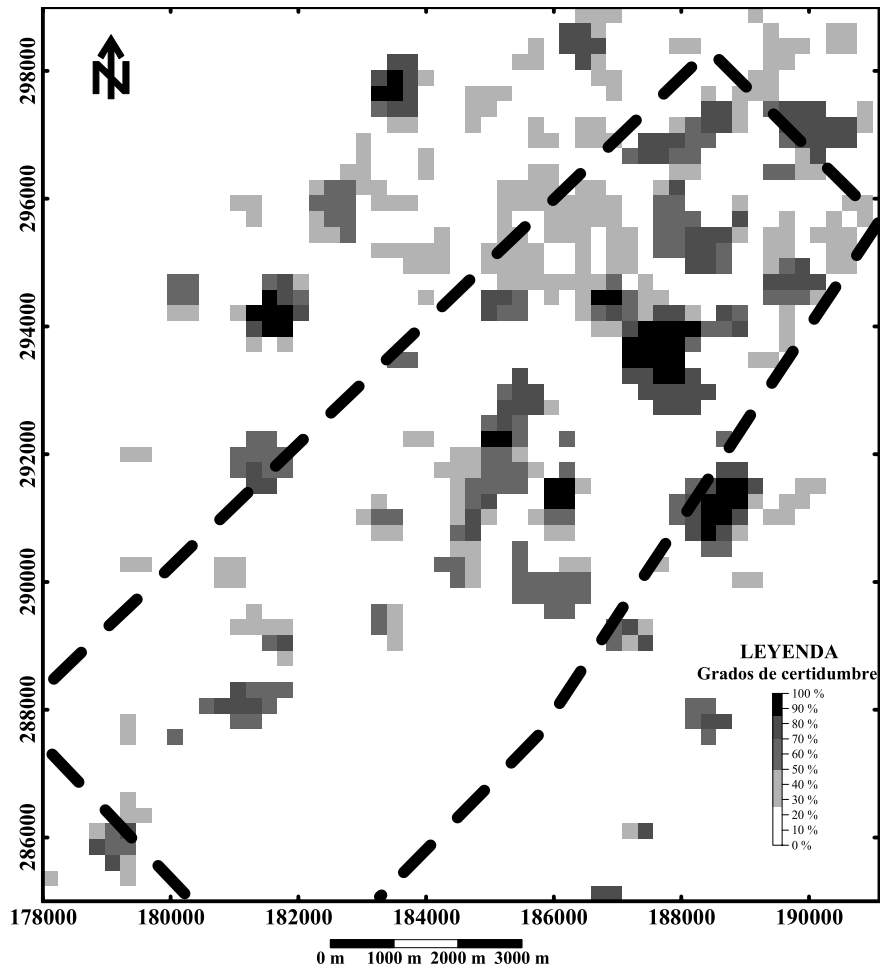


Fig. 5. Mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización polimetálica.

UIB, correspondiente al Distrito Metalogénico Dora-Francisco.

Cada uno de los mapas geoquímicos monoelementales construidos y que sirven de base a los restantes mapas geoquímicos complejos, se fundamentan en el fondo geoquímico y umbrales de contenidos anómalos de cada elemento indicador (tabla 1).

El mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización cuprífera (Fig. 4), indica las características excepcionales de las estructuras metalíferas Cándida y Francisco-Loma Hierro (manifestación Loma Roja) para la localización de este tipo de mineralización o de sus especies minerales secundarias. Por su parte, el mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización polimetálica (Fig. 5), lo confirma para la estructura metalífera Francisco-Loma Hierro (depósito Loma Hierro).

La distribución de las UIB según los grados de certidumbre expresados para caracterizar la potencialidad de cada tipo de mineralización en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco, en relación con la secuencia litológica que las aloja, se define en la tabla 2.

A partir del análisis de la tabla 2 se pueden definir los rasgos siguientes:

- La mineralización cuprífera tiende a asociarse principalmente a la secuencia sc_2^1 (sc^c), aunque de forma

ocasional ofrece inexactitudes al respecto (en el intervalo de 50-70 % de certidumbre) con una aparición mayoritaria en la secuencia sc_1^2 (sc^d). Debe prestarse atención también a la secuencia sc_2^2 (sc^b) que se manifiesta con varias UIB (25-50 % de certidumbre). Sin embargo, los totales atestiguan una fuerte asociación entre las UIB categorizadas como prospectivas y el paquete arenoso de la formación San Cayetano (parte inferior-media del corte estratigráfico).

- Para la mineralización polimetálica se torna más compleja la interpretación, pues los resultados son opuestos a lo esperado. Esto quiere decir que se han introducido imprecisiones que imposibilitan asociar la mineralización polimetálica a un paquete de rocas específico, sobre la base de este procesamiento. Esto podría estar motivado por una distribución más amplia de las anomalías de Pb, Zn y Ba en todo el Distrito Metalogénico Dora-Francisco, vinculada tanto a la mineralización cuprífera como a la polimetálica.

Esta situación indica la necesidad de realizar un pronóstico geoquímico para mineralización sulfurosa en general, sin distinciones entre mineralización cuprífera y polimetálica. Esto se puede lograr mediante el análisis del mapa patrón para el pronóstico geoquímico de mineralización sulfurosa (Fig. 6), el cual sugiere la existencia

Fig. 6. Mapa patron para el pronostico geoquímico de mineralizacion sulfurosa.

de varias zonas dentro de las diversas estructuras metalíferas con diferente carácter prospectivo.

De esta manera se ratifica la potencialidad metalífera de la región y, especialmente, la repercusión que tienen las secuencias sc_2^1 (sc^c) y sc_1^2 (sc^d) y las estructuras metalíferas Francisco-Loma Hierro y Cándida en la localización de mineralización sulfurosa.

De acuerdo con todo lo analizado, se proponen varios sectores con interés prospectivo dentro del Distrito Metalogénico Dora-Francisco, asignándoles diferentes niveles de prioridad. Esta acción se fundamenta en: el nivel de las categorías prospectivas, la correspondencia con determinadas secuencias litológicas de la formación San Cayetano y la continuidad espacial, de las UIB, lo que le confiere certeza a la proyección de investigaciones geológico-geoquímicas más detalladas (Fig. 7).

CONCLUSIONES

1. La metodología empleada para el pronóstico geoquímico de mineralización sulfurosa, demuestra su efectividad al permitir el mapeo de las estructuras metalíferas y de las manifestaciones y depósitos minerales conocidos.
2. La interpretación de los mapas patrones para el pro-

nóstico de mineralización sulfurosa (cuprífera y polimetálica), hacen posible la determinación de algunas regularidades generales en el comportamiento geoquímico de estos elementos y su relación con los tipos de mineralización. Esencialmente, la filiación de determinadas asociaciones paragenéticas de elementos con cada una de las estructuras metalíferas, permite ofrecer rasgos para orientar de manera adecuada investigaciones prospectivas más detalladas y confirmar el control litológico de la mineralización en función de la posición facial de las anomalías geoquímicas en las secuencias de la formación San Cayetano. Toda esta información está plasmada en los mapas patrones para el pronóstico geoquímico de mineralización cuprífera, polimetálica y sulfurosa.

3. La proyección de investigaciones prospectivas en la región está fundamentada por la combinación de la información geológica y litogeoquímica, lo cual confiere una gran certeza al pronóstico metalogénico.
4. La universalidad de estos procedimientos hacen posible extender su aplicación a otras regiones, facilitándose así el pronóstico geoquímico y la proyección de investigaciones prospectivas.

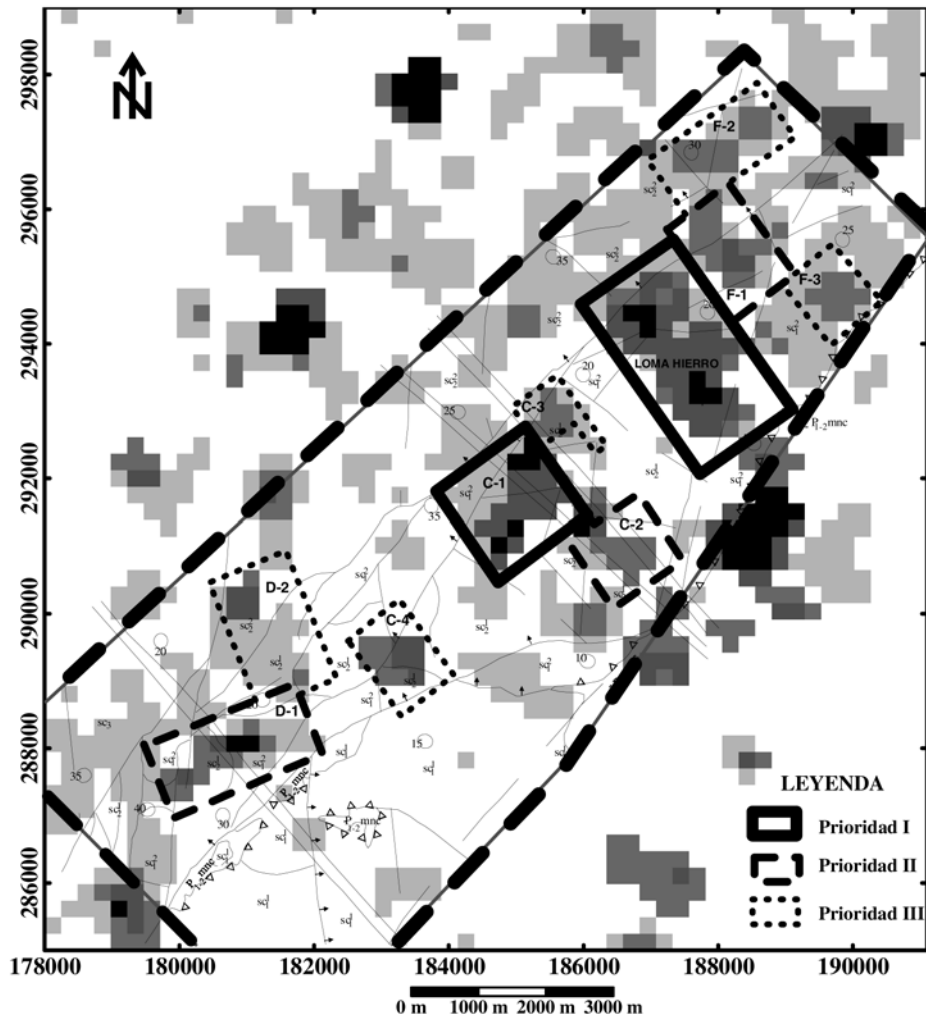


Fig. 7. Mapa resumen para la proyección de investigaciones prospectivas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos dejar constancia de nuestra gratitud a la Asociación Económica Holmer Gold Mines Limited-Geominera S.A. por las facilidades ofrecidas para la ejecución de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

BUROV, V., D. MARTÍNEZ, Y. YUSAINOV, R. FERNÁNDEZ, V. DERVENEV Y A. USPENSKY: Informe de los trabajos de levantamiento geológico a escala 1:50 000 realizados en la parte occidental de la provincia de Pinar del Río en 1981-85, C.N.F.G., Pinar del Río, Cuba, 1985.
 FERNÁNDEZ DE LARA, R.: Confección del mapa pronóstico, asistido por métodos matemáticos, para la mineralización sulfurosa en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco en Pinar del Río. Tesis de Doctorado. ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1993.
 GUSTAFSON, L. B. AND N. WILLIAMS: "Sediment-Hosted Stratiform Deposits of Copper, Lead and Zinc", Economic Geology, 75th Anniversary Vol. :139-178, 1981.

LARA, J., J. BLANES Y N. KLEPIKOV: Informe sobre los resultados de la prospección preliminar de menas de cobre y polimetálicas a escala 1:10 000 entre los depósitos Dora y Francisco, C.N.F.G., Pinar del Río, Cuba, 1989.
 LARGE, D. E.: "Sediment-Hosted Masive Sulphide Lead-Zinc Deposit: An Empirical Model", in Short Course Handbook, vol. 9, :1-25, 1983.
 LASTRA, J.: "Criterios geoquímicos para la prospección de mineralización sulfurosa en el Distrito Metalogénico Dora-Francisco". Tesis de Doctorado. ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1998.
 PARDO, M.: "Regularidades de la metalogenia endógena y su pronóstico en el macizo metamórfico de Isla de la Juventud", Ciencias de la Tierra y del Espacio (15-16) :17-26, 1989
 PARDO, M. Y M. DÍAZ: "Métodos cuantitativos de pronóstico aplicados a las investigaciones metalogénicas. Un ejemplo: Isla de la Juventud", Ciencias de la Tierra y del Espacio (15-16) : 27-39, 1989
 SIMÓN, A.: "El extremo occidental del arco septentrional cubano", Boletín Geociencias, 2 (1): 3-27, 1983.