

DELIMITACION SUPERFICIAL, MEDIANTE PROSPECCION GEOQUIMICA DE SUELOS Y GASES DEL YACIMIENTO EPITERMAL DEL VALLE DEL AZOGUE (C. BÉTICAS, ALMERIA)

VILADEVALL SOLE, M.*; FONT CISTERÓ, X.*; NAVARRO FLORES, A.** y COLLADO FERNÁNDEZ, D.***

(*): Dpto. Geoquímica, Petrología y prospección Geológica (U.B). Barcelona.

(**): Dpto. Mecánica de Fluidos (UPC). Terrassa.

(***): Dpto. Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería. Almería

RESUMEN

En este trabajo se aborda el estudio de unas mineralizaciones filonianas emplazadas en el conjunto metamórfico permotriásico, y sin aparente relación espacial con el edificio volcánico regional.

Se han identificado aureolas de vapor de mercurio en los suelos, así como contenidos anómalos de mercurio en una antigua explotación minera situada en el valle del Azogue cerca de la población de Aguilas (Murcia, SE España).

Este yacimiento presenta unos contenidos geoquímicos parecidos a los de un yacimiento epitermal de tipo «hot spring», existiendo una mineralización explotada en el siglo XIX de Hg, aunque también se han detectado valores elevados de Ag, Au, Sb, As y Ba.

Las características geoquímicas y de emplazamiento del yacimiento, y la elevada emisión de vapor de Hg que produce, han llevado a una detallada prospección geoquímica de los suelos y a varias campañas de prospección atmogeoquímica, con el fin de delimitarlo en superficie.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de un yacimiento epitermal que se extiende a lo largo de casi 1 km, y con anomalías en Au y Hg desconocidas en los yacimientos existentes en esta región. También prueban la efectividad del método de vapor de mercurio para la localización de mineralizaciones de este tipo y otras parecidas en el contexto geológico de la región.

Palabras clave: Yacimientos Hg, Cordilleras Béticas orientales, Prospección geoquímica.

ABSTRACT

This paper deals with lode type mineralizations hosted in the metamorphic Permian set and without spatial relationship with regional volcanism.

This ore deposit has geochemical contents similar to «hot spring» type epithermal mineralizations. This ore deposit was exploited in the XIX century for the mercury. New studies revealed that it has very high Ag, Au, Sb, As and Ba contents.

Mercury vapor haloes in soil air and anomalous Hg soil contents have been identified in an old mining site in Azogue Valley near Aguilas (Murcia, SE Spain). These haloes and anomalies design perfectly the exploited lode outline and mark also the enrichment zones at fault - lode intersection.

The metallogenetic results suggest the existence of a epithermal deposit extending as far as 1 km, with very high mercury and gold values.

From the geochemical point of view this results proof the effectiveness of the mercury vapor method in this context, revealing the existence of an epithermal deposit. It also suggests a positive response of this methodology in similar deposits of the area and also in searching other types of mineralizations.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda el estudio del yacimiento del Valle del Azogue (Almería), desde el punto de vista geoquímico, con el fin de delimitar superficialmente la extensión de la zona mineralizada, y además intentar definir la posible tipología en la que se podría enmarcar dicho yacimiento.

La mineralización del Valle del Azogue presenta una paragénesis relativamente simple formada por cinabrio, estibina, yeso y baritina como minerales mayoritarios, con cantidades apreciables de pirita, calcopirita, marcasita, esfalerita y galena.

La única cita bibliográfica referente a esta mineralización (Cortázar, 1875) señala la existencia de un yacimiento de mercurio asociado a depósitos «geiserianos», y a aguas termales, sin que se conozca una explotación e investigación ulteriores.

Los trabajos existentes indican un laboreo superficial en varias cortas a cielo abierto, y unas ciertas labores subterráneas, parcialmente accesibles mediante pozos de poca profundidad.

Las tareas de prospección realizadas, basadas en métodos atmogeoquímicos, y en el análisis detallado de la mineralogía y geoquímica del yacimiento han permitido evaluar las dimensiones superficiales del mismo.

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL Y MINERALIZACIONES EXISTENTES

Marco geológico

El valle del Azogue (figura 1) se sitúa al Norte de Sierra Almagrera, en una pequeña depresión próxima a la cubeta de Águilas, ocupando la zona mineralizada un corredor de 1 km de longitud en dirección NE-SW, con un espesor muy variable y que oscila entre los 5 y 100 m de potencia.

Los materiales encajantes de las mineralizaciones del Valle del Azogue son básicamente un conjunto de filitas grafitosas, filitas cuarcíticas y metavulcanitas de composición ácida, asimilables a la unidad Nevado-Filábride del Lomo de Bas (Alvarez Lobato, 1984). Estos materiales se extienden en un arco geotectónico que va desde el Norte de Águilas hasta Sierra Almagrera, prolongándose por Sierra Cabrera y Sierra Alhamilla, en una posición similar al manto del Veleta (Navarro-Vila et al., 1984). Por encima de los niveles filíticos aparecen filitas coloreadas, cuarcitas y una formación carbonatada,

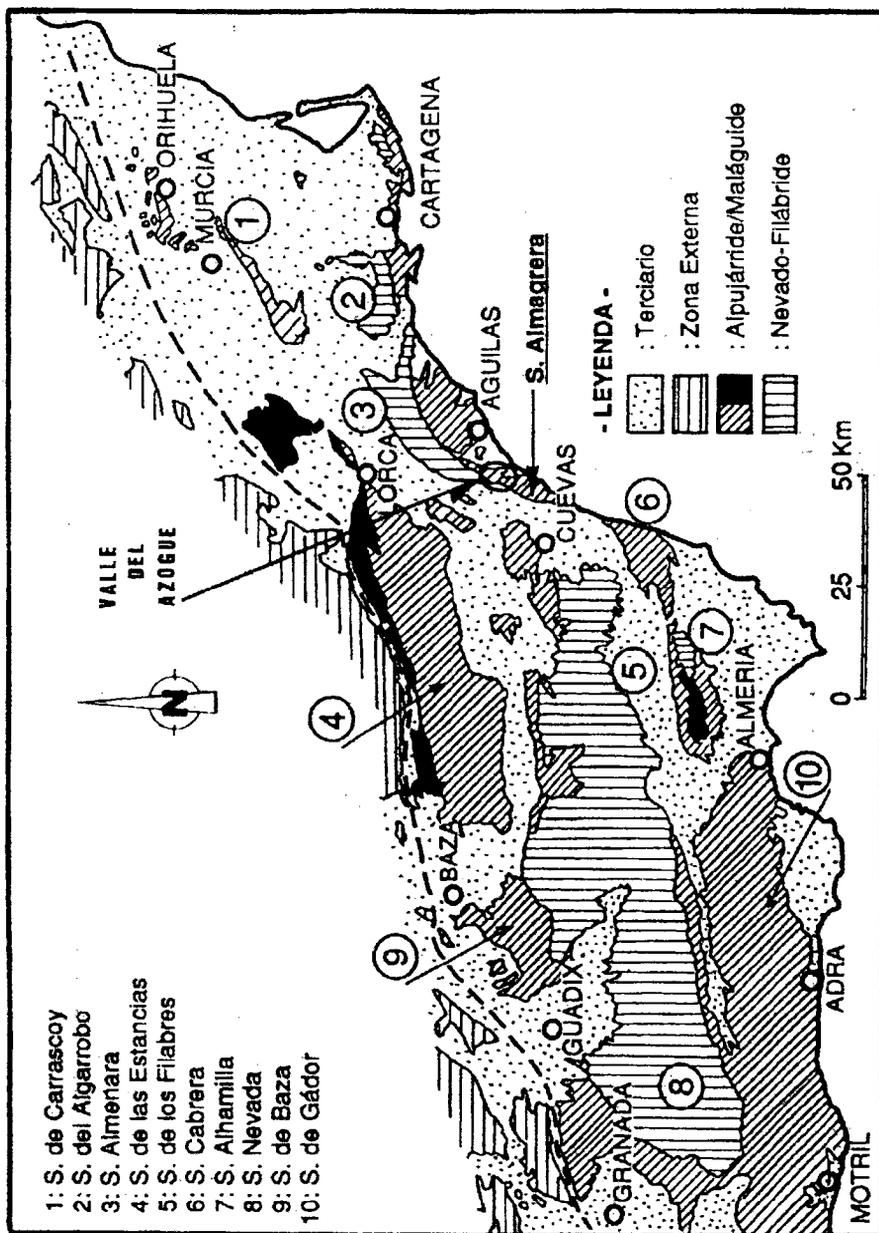


FIG. 1.- Mapa de situación y marco geológico de la zona de estudio.

asimilables a las unidades Ramonete-Urreas del Dominio Central definido por Alvarez Lobato (1984) y de carácter alpujárride (figura 2).

La estructura actual de los materiales parece controlada por una serie de fracturas posteriores a la disposición de los mantos, y que en este sector son un sistema de fracturas de dirección NW-SE, y al desgarre senestro de Terreros de dirección N15°E, paralelo a la Falla de Palomares.

La ubicación del yacimiento dentro del conjunto filítico permotriásico, y la ausencia de estudios recientes dificulta la datación del mismo, aunque es destacable señalar la existencia de fumarolas activas en una zona cercana en época romana.

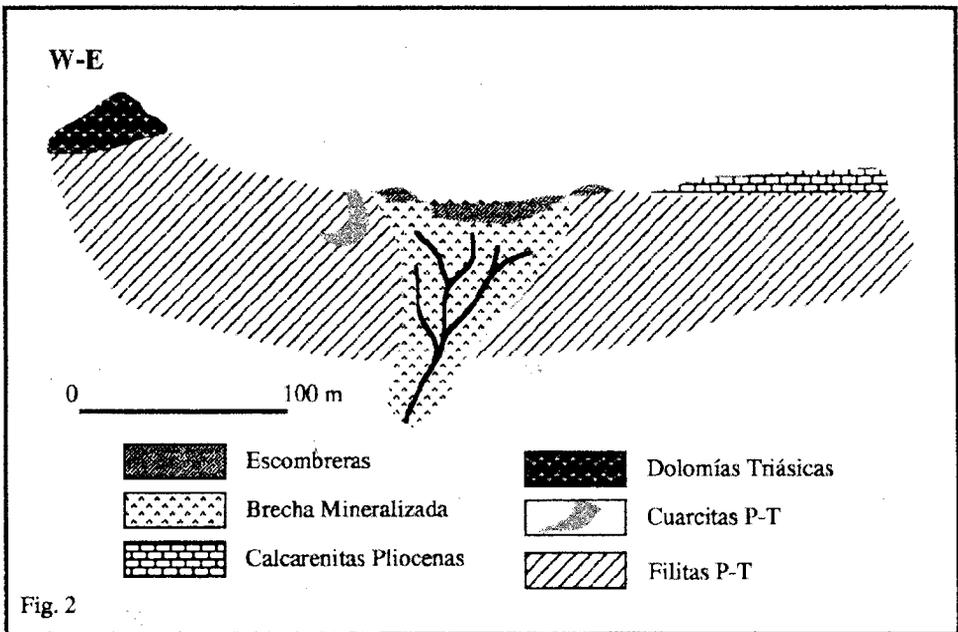


FIG. 2.- Esquema geológico básico del yacimiento del Valle del Azogue

Características de los yacimientos existentes

Los yacimientos de metales preciosos y metales base existentes en la zona de estudio, o próximos a la misma, son en su mayoría de carácter epitermal, y se desarrollan en un pequeño arco tectónico que va desde Sierra de Almagrera hasta Águilas (figura 3).

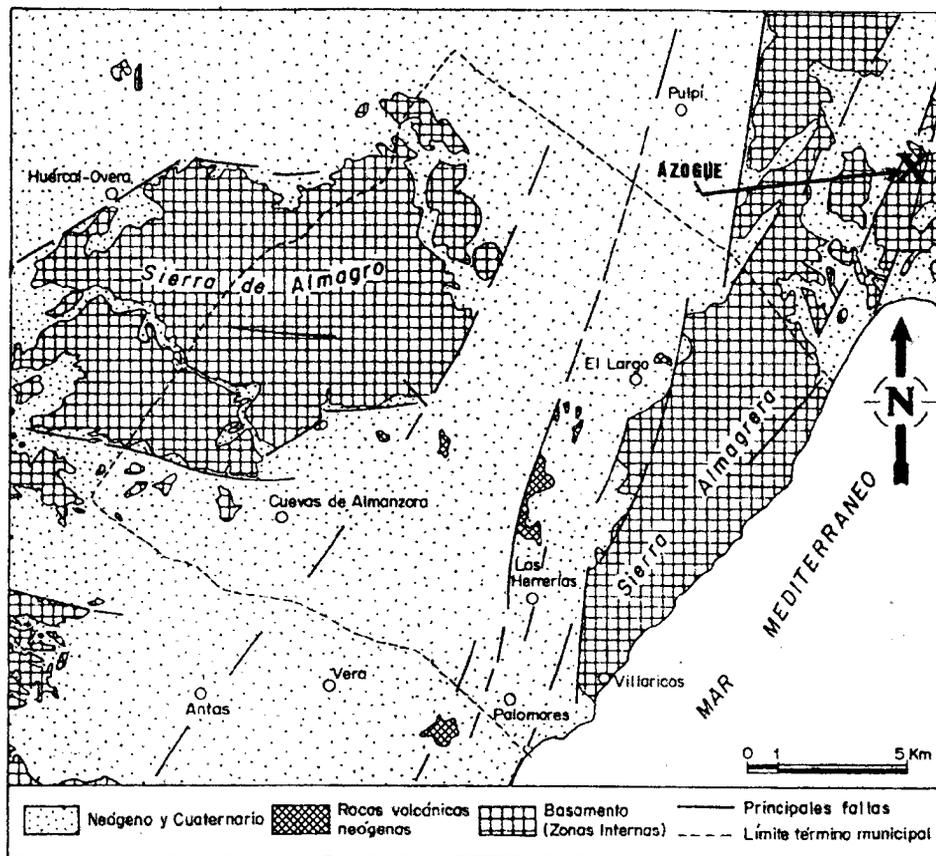


FIG. 3.- Mapa geológico sintético de la zona estudiada. Fuente: López Casado et al., (1993)

En la zona de la Sierra Almagrera existen unas mineralizaciones encajadas en los materiales siliciclásticos, constituídas por un conjunto filoniano (Martínez Frías; 1989, Martínez Frías, 1991), en el que destacan los filones bandeados de gran potencia, como el del barranco del Jaroso, que en superficie alcanzaba los 7 m de espesor. La orientación de los filones es aproximadamente de N a S, y presentan una asociación mineral compleja constituida por los siguientes minerales mayoritarios: galena argentífera, bournonita; calcopirita, marcasita, siderita, baritina y hematites. Es importante añadir la

existencia de unos filones de cuarzo, recientemente localizados, y que presentan importantes contenidos en oro (entre 1 a 10 ppm), y que se sitúan en la zona costera de la Sierra (Navarro et al., 1994).

Las mineralizaciones de Herrerías son complejas, habiéndose explotado plata nativa en los niveles estratiformes terciarios, así como en los conglomerados atribuidos a la base del Tortonense, destacando también la presencia de fumarolas que atraviesan las margas del Messiniense (Martínez Frías et al., 1992).

En la zona de Águilas (Lomo de Bas) existen una serie de yacimientos de carácter filoniano, aparentemente similares a los filones polimetálicos de Sierra Almagrera, algunos también de dirección NE-SO (IGME, 1974), aunque a diferencia de aquellos, aparecen en algunos casos en relación directa con las rocas volcánicas.

Se trata de mineralizaciones de galena, esfalerita, calcopirita y pirita, con sulfosales relacionadas espacialmente con rocas volcánicas shoshoníticas y calcoalcalinas potásicas (Morales y Fenoll, 1992), habiéndose también detectado la presencia de pórfidos microtonalíticos asociados con la mineralización (Castroviejo et al., 1991).

LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL YACIMIENTO EN SUPERFICIE

Método de trabajo y técnicas empleadas

Para la delimitación del yacimiento en su parte más apical se ha realizado un muestreo de mercurio en fase gaseosa con determinación en campo del contenido en mercurio vapor. Así como un muestreo de suelos y mineralización aflorante, analizándose las muestras obtenidas mediante activación neutrónica y determinándose las variables siguientes: Au, As, Ag, Ba, Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, Hf, Hg, Ir, Mo, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Th, U, W, Zn, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Eu, y Pb.

La detección de vapor de mercurio se ha llevado a cabo mediante el analizador de campo de vapor de mercurio «JEROME 431-X» de Arizona Instrument Corporation, que tiene un rango de medida entre 0,003 hasta 0,999 mg Hg/m³ con una resolución de 0,001 mg Hg/m³, una sensibilidad de 0,003 mg Hg/m³ con una respuesta de 12 segundos y una capacidad de la bomba de 750 cm³/m.

El fundamento del método viene ampliamente referenciado en los trabajos de Veshi y Wuang-Quin (1990). En resumen este método consiste en una amalgamación de una fina lámina de oro mediante el vapor de mercurio adsorbido del suelo o del aire por una bomba. El contenido de mercurio se determina a partir del incremento de la resistencia eléctrica de la lámina amalgamada, que es proporcional a la masa de mercurio de la muestra.

Para el muestreo se realizó una malla regular de tipo rectangular de 30 m x 50 m, con el eje mayor orientado en dirección N20°E, siguiendo la lineación de la zona mineralizada. En cada nudo de la malla se colocó un contenedor tronco-cónico de PVC con un volumen interno de 1300 cm³, vuelto hacia abajo y enterrado unos 25 cm en el

suelo con un orificio de salida, convenientemente sellado mediante cinta adhesiva, para evitar la fuga del gas antes de la toma de la muestra (Viladevall et al., 1993).

En cada punto se anotó la hora de colocación, temperatura del aire y presión barométrica, así como la temperatura del suelo entre los 10 y 20 cm. Al cabo de unas 4 horas aproximadamente se volvía a cada punto y se medía el contenido en vapor de Hg del contenedor mediante el aparato analizador de vapor de Hg. Esta medición consistía en la absorción por el analizador de un caudal de 150 cm³ de aire.

Una toma de muestras previa se realizó el 2 de septiembre de 1992, con temperatura ambiente entre 27°C y 33°C y una presión atmosférica de 1.036 mb. La campaña de muestreo tuvo lugar durante febrero de 1993. La presión barométrica en esta época osciló entre 1.027 mb y 1.035 mb, estando la temperatura ambiente entre 16°C y 18°C, mientras que la temperatura superficial del suelo (5 cm) varió entre 9,9°C y 12,9°C. Durante esta campaña se tomaron 67 muestras cuyos valores se representan en el mapa adjunto (figura 4).

Resultados obtenidos en el muestreo de vapor de mercurio

Los datos proporcionados por el analizador de vapor de mercurio después de varias medidas, y cuando se alcanza un equilibrio entre la succión del aparato y la difusión desde el suelo, muestran una anomalía superficial de gran extensión, de carácter alargado, y cuyo eje mayor tiene una longitud de 650 m aproximadamente, y cuya anchura alcanza los 120 m en algunos puntos (figura 4).

Los valores alcanzados de mercurio en la zona muestreada han oscilado desde valores inferiores al límite de detección hasta valores que sobrepasan 1 mg/m³ de vapor de mercurio. Se observa de acuerdo con lo citado en anteriores trabajos, una variación estacional que oscila entre 0,342 mg/m³ (Septiembre) y 0,106 mg/m³ (Febrero).

Si tenemos en cuenta que el transporte de vapor de mercurio debe ser de carácter difusivo en la mayor parte del conjunto mineralizado, se comprende que sea en verano cuando se obtienen valores más altos de vapor de mercurio (Viladevall et al., 1993), debido a la dependencia del coeficiente de difusión de la temperatura.

En relación a la distribución de las anomalías geoquímicas, se puede observar en la figura 4, que éstas se sitúan alrededor de la gran fractura de dirección N 15° E que atraviesa el valle, y que son además claramente indicativas de la presencia de una mineralización o una emanación que contiene mercurio. Coinciden éstas además con la mayor parte de las cortas y calicatas que se observan en el valle.

Hay que resaltar también que las anomalías son sensiblemente más elevadas en la intersección con fracturas de dirección NW-SE, las cuales incluso parecen desplazar la fractura principal, efecto que puede también interpretarse a partir de la cartografía geológica.

N°	Au	Ag	As	Ba	Co	Fe	Hg	Na	Sb	Se	Zn	Pb
1	33	5	680	4310	5	1,42	68	12,7	2900	13	< 50	N.D.
2	5	5	400	5810	5	3,73	52	10,1	350	5	980	N.D.
3	140	20	500	17010	7	0,5	110	N.D.	14000	150	931	N.D.
4	823	160	480	390010	5	0,16	34000	7,1	7800	76	1090	N.D.
5	5	5	30	2200	12	3,58	49	0,84	88	< 5	82	21
6	5	5	39	350	7	2,4	7	0,91	69	< 5	< 50	17
7	5	5	18	870	15	4,99	1	1,17	22	< 5	90	7
8	116	5	510	19000	8	2,65	1700	0,68	2600	< 5	514	513
9	30	19	560	16000	9	3,33	530	1,17	1100	< 5	959	735
10	110	14	870	18000	10	4,16	1400	1,43	2700	< 5	539	1308
11	5	5	43	750	22	6,48	6	1,94	19	< 5	136	9
12	6	5	23	580	15	4,09	8	0,81	26	< 5	60	9
13	8	5	29	3700	15	4,41	47	0,72	110	< 5	75	47
14	5	5	37	2000	16	4,55	17	0,61	110	< 5	141	39
15	5	5	48	5600	14	4,5	28	0,67	250	< 5	232	64
16	5	5	32	4100	14	3,61	18	0,62	160	< 5	141	45
17	6	5	29	610	10	2,73	13	0,25	52	< 5	103	51
18	9	5	350	20000	10	3,59	370	0,62	1400	< 5	389	413
19	55	5	340	9200	18	4,28	320	0,57	1300	< 5	2970	107
Tabla 1.- Resultados analíticos de las muestras de suelos y mineralizaciones del Valle del Azogue (valores en ppm excepto Au (ppb), Ca (%), Fe (%) y Na (%)).												
Muestras 1 y 2: brechas de explosión												
Muestra 3: stockwork mineralizado												
Muestras 4 a 19: suelos y cobertera del yacimiento												
Análisis realizados por Activación Neutrónica excepto Pb.												
N.D.: no determinado												

TABLA. 1.- Resultados analíticos de las muestras de suelos y mineralizaciones del Valle del Azogue. Valores en ppm, excepto Au (ppb), Ca (%), Fe (%) y Na (%)

Geoquímica de los suelos y de la mineralización

La distribución espacial de los contenidos geoquímicos de los suelos y de las mineralizaciones del Valle del Azogue, señala la existencia de una zona mineralizada con contenidos en Hg que oscilan entre 1 ppm y llegan hasta un 11 %, contenidos en Au que llegan hasta los 823 ppm, así como contenidos importantes de Ag (5 a 160 ppm), As (400 a 680 ppm) y Sb (230 ppm hasta un 2 %). Otros metales como el Zn y Pb no llegan a concentraciones de 1000 ppm (tabla n° 1).

Los mapas de isocontenido realizados (figuras 4, 5 y 6) muestran una clara relación entre las anomalías de Hg (vapor), Hg (suelos), Au, As y Sb, coincidiendo casi totalmente la distribución superficial de los citados elementos.

En relación a otros elementos como son Ba y Pb, parece observarse también (figuras 5 y 6) una cierta similitud con los anteriores, aunque no tan evidente. Por otro lado, se constata una diferencia manifiesta entre la distribución de Cr y Zn (figura 6) y los «pathfinders» tradicionales del oro.

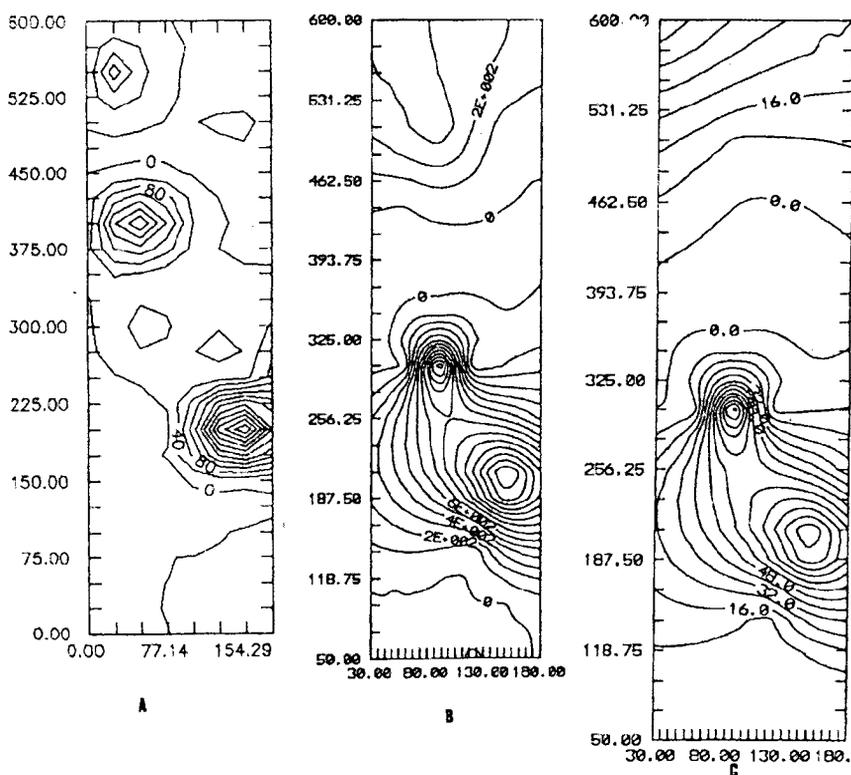


FIG. 4.- Mapas de isocontenido de vapor de mercurio (A) expresado en microgramos por metro cúbico, mercurio total en suelos (B) expresado en ppm y oro total en suelos (C) expresado en ppb.

Los resultados obtenidos muestran, por tanto, una clara interrelación entre distribución de Au y Ag, y la distribución de Hg, As y Sb, que constituye la asociación geoquímica típica de un yacimiento epitermal en su parte más superficial (Berger y Bonham, 1990; Clarke y Govett, 1990; Berger y Eimon, 1983; Silberman y Berger, 1985).

Junto a estas características geoquímicas, las mineralizaciones del Valle del Azogue también presentan unas peculiaridades estructurales significativas, como son la existencia de posibles brechas hidrotermales de explosión, y la estratificación de estas brechas a ambos lados de la zona mineralizada, lo que sugiere la existencia de una cierta actividad de emisión gaseosa.

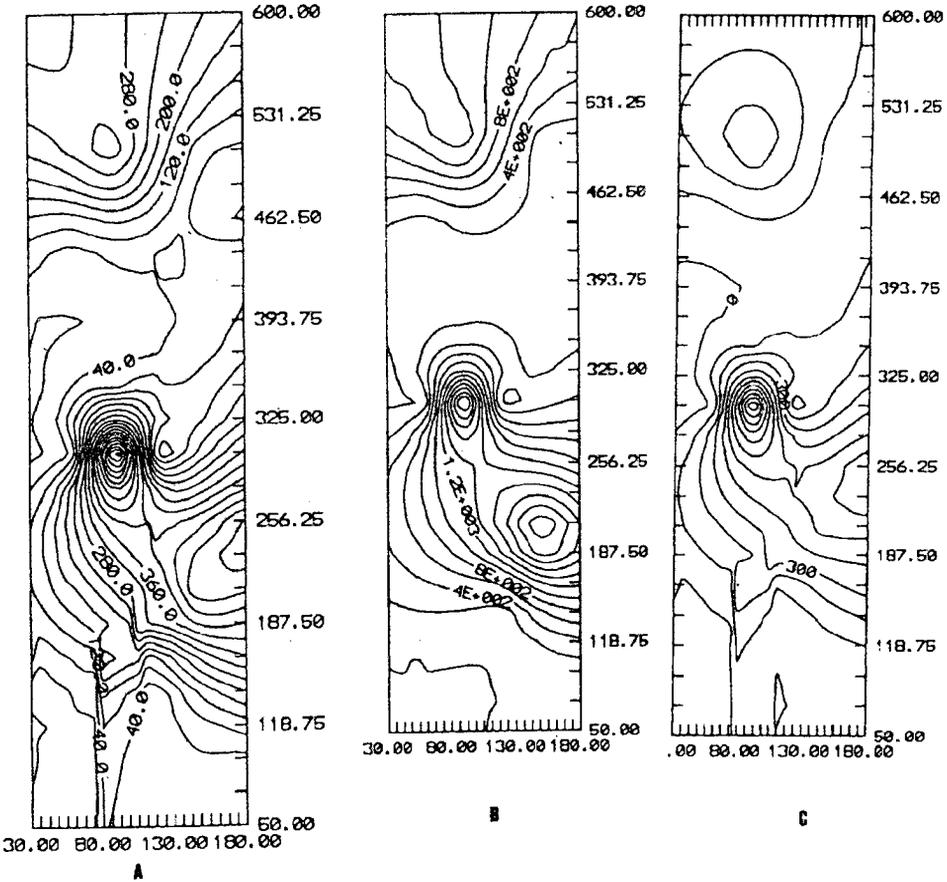


FIG. 5.- Mapas de isocontenido de As (A), Sb (B) y Pb (C) en suelos expresado en ppm.

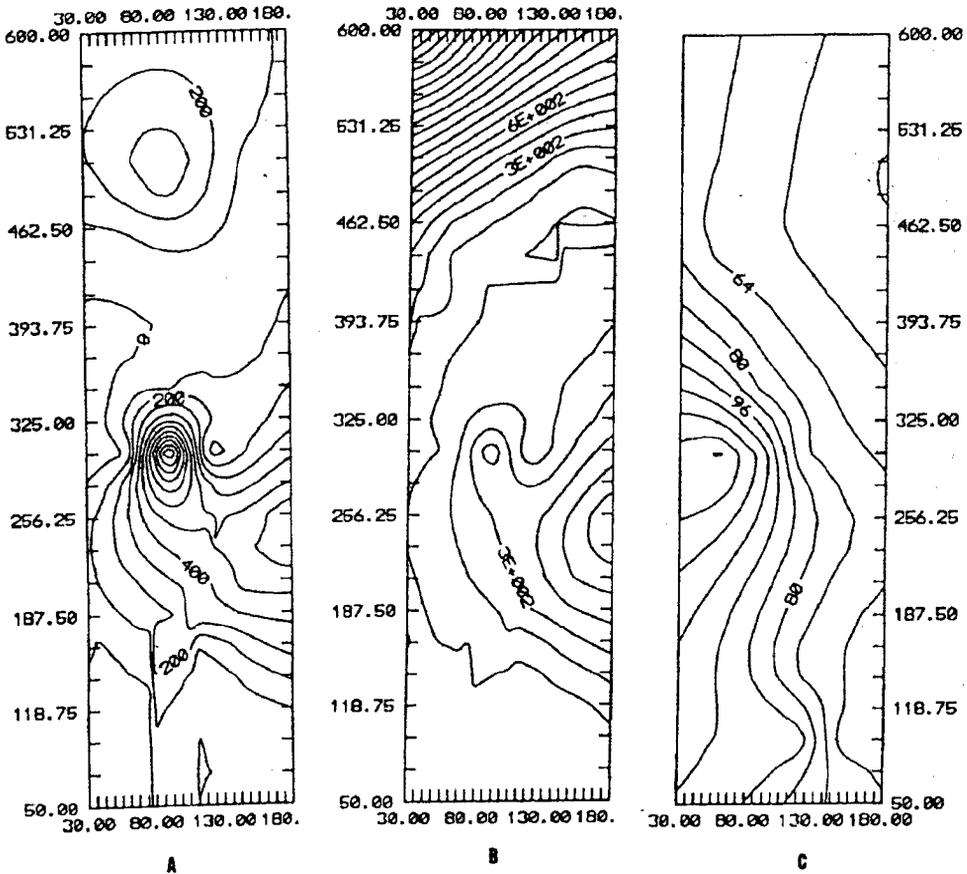


FIG. 6.- Mapas de isocontenido de Ba (A), Zn (B) y Cr (C) en suelos expresado en ppm.

Todo ello, junto a la ausencia de material volcánico aflorante, confieren al yacimiento del Valle del Azogue unas características singulares y parecidas a las de un epitermal tipo «hot spring» tal como se ha definido tradicionalmente, aunque con una importante diferencia: no está espacialmente relacionado con ningún stock volcánico conocido.

Por otro lado, la paragénesis mineral asociada a la zona de alteración caracterizada por la presencia de caolín, sulfatos (yeso y barita), cuarzo y óxidos de hierro, indicaría una alteración argilítica avanzada, de carácter ácido y típica de las mineralizaciones epitermales.

CONCLUSIONES

Los métodos geoquímicos de suelos y vapor de mercurio han delimitado en superficie una fuerte anomalía en mercurio y antimonio y en menor medida oro. Las dimensiones superficiales de esta anomalía pueden alcanzar una corrida de 1 km, con potencias que llegan en algunos puntos a los 120 m.

Ambos métodos muestran una fuerte correlación en la distribución de Hg (vapor) y Hg (suelos). Además, teniendo en cuenta que existe una gran coincidencia entre estas anomalías y las de Au, Ag, As y Sb, esto confirmaría la utilidad de la detección de vapor de Hg en la exploración de yacimientos epitermales en este sector de las Cordilleras Béticas.

La asociación geoquímica que presenta el yacimiento (As-Sb-Hg-Au-Ag), la existencia de brechas hidrotermales estratificadas, y la presencia de una alteración caracterizada por la asociación: caolín-sulfatos-cuarzo-óxidos de hierro, nos señalaría la presencia de un posible yacimiento epitermal de características particulares.

En relación a la estructura clásica de este tipo de yacimientos, y en función de los datos obtenidos en superficie, la parte visible y también explotada del yacimiento podría corresponder a la zona apical de la estructura, hipótesis que únicamente podrá ser desvelada con la realización de sondeos de reconocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ LOBATO, F. (1984): «Las unidades Alpujarrides y Nevado-Filábrides del sector Aguilas-Mazarrón (C. Béticas Orientales)». *Nota preliminar. En: El borde Mediterráneo Español: Evolución del orógeno bético y geodinámica de las Depresiones Neógenas. Granada. pp. 30-32*
- BERGER, B.R. y BONHAM., H.F. Jr. (1990): «Epithermal gold-silver deposits in the western United States: time-space products of evolving plutonic, volcanic and tectonic environment». *J. Geochem. Explor. 36 (1-3): 103-142.*
- BERGER, B.R. y EIMON, P. (1983): «Conceptual models for epithermal precious deposits, in Shanks, W.C., III, ed., Cameron volume on unconventional mineral deposits». *Amer. Inst. of Min. Metall. and Petroleum Engineers.: 191-205.*
- CASTROVIEJO, R.; NADAL, T.; PODWYSKI, M.H. e INSUA, M.(1991): Mineralizaciones subvolcánicas (Au, Ag, Sn, sulfuros polimetálicos) y hallazgo de afloramientos de pórfidos tonalíticos neógenos en la Sª del Lomo de Bas (Murcia)». *Bol. Soc. Esp. Mineral. 14: 183-200*
- CLARKE, D.S. y GOVETT, G.J.S. (1990): «Southwest Pacific epithermal gold: a rock geochemistry perspective». *J. Geochem. Explor. 36 (1-3): 225-230*
- CORTAZAR, D. (1875): «Reseña física y geológica de la provincia de Almería». *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España. 2: 73.*
- IGME (1974): «Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 997: Aguilas». *Madrid. 22 pp.*
- LÓPEZ CASADO, C.; PELÁEZ MONTILLA, J. A.; PEINADO MONTES, M. A. y SANZ DE GALDEANO, C. (1993) "Neotectónica y sismicidad de Cuevas del Almanzora". Recursos naturales y medio ambiente en Cuevas del Almanzora.
- MARTÍNEZ FRIAS, J. (1991): «Sulphide and sulphosalt mineralogy and paragenesis from the Sierra Almagrera veins, Betic Cordillera (SE Spain)». *Estudios Geol., 47: 271-279.*

- MARTÍNEZ FRIAS, J., GARCÍA GUINEA, J.J., LÓPEZ RUIZ, J.A. LÓPEZ GARCÍA, J. y BENITO, R. (1989): «Las mineralizaciones epitermales de Sierra Almagrera y de la cuenca Sedimentaria de Herrerías, Cordilleras Béticas». *Bol. Soc. Esp. Miner.*, 12: 261-271.
- MARTÍNEZ FRIAS, J.; GARCÍA, J.; LÓPEZ-RUIZ, J. y REYNOLDS, G.A. (1992): Discovery of fossil fumaroles in Spain». *Econom.Geology*, 87: 444-446.
- MORALES, S. y FENOLL, P. (1992): «Quimismo de las paragénesis asociadas al vulcanismo terciario del sector Aguilas - S^a Almagrera (SE de España)». *Bol. Soc. Esp. Min.* 15-1, pp. 282-286.
- NAVARRO, A., VILADEVALL, M., FONT, X. y RODRÍGUEZ, P. (1994): «Las mineralizaciones auríferas de Sierra Almagrera (Almería). Estudio geoquímico y modelos de yacimientos». *Boletín Geológico y Minero*, 105-1: 85-101.
- NAVARRO-VILA, F.; ALVAREZ LOBATO, F. y ALDAYA, F. (1984): «La extensión regional y la posición tectónica de la unidad del Lomo de Bas (c. Béticas). En: *El Borde Mediterráneo español: Evolución del orógeno bético y geodinámica de las Depresiones Neógenas*. Granada. 26-27
- SILBERMAN, M.L. and B.R. BERGER. (1985): «Relationship of trace- element patterns to alteration and morphology in epithermal precious-metal deposits». In *Geology and geochemistry of epithermal systems*, ed. *Geology and geochemistry of epithermal systems*. 203-230. 2. El Paso, Texas: Society of Economic Geologists.
- VESHI, W. and WUANG-QUING, L.(1990): «JM-3 digital gold-film Hg meter». *J. Geochem. Explor.* 38: 157-171.
- VILADEVALL, M.; FONT, X.; NAVARRO, A. y VIRTO, L. (1993): «La prospección atmogeoquímica mediante vapor de mercurio. Su aplicación en el Valle del Azogue (Murcia y Almería). *Comunic. V Congreso Geoquímica*. Soria. pp. 86 - 91