



# Caracteres geoquímicos y mineralógicos de los granitos mineralizados (W, As, Au) de «El Cabaco». Sur de Salamanca

## Geochemistry and mineralogy of mineralized granites at «El Cabaco». (S Salamanca province)

ANTONA, J. F.; SADA, C.; GARCIA SANCHEZ, A.; GRACIA, A.

La zona estudiada con mineralizaciones filonianas de cuarzo con W, As y Au, constituye una antiforma de dirección NW-SE. Su núcleo lo ocupan granitos hercínicos fundamentalmente biotíticos, apareciendo en los flancos materiales del Complejo Esquitograuváquico (CEG). La mineralización filoniana encaja en ambos tipos de rocas.

El estudio geoquímico y petrográfico revela la existencia de dos tipos de granitos, uno aurífero y otro no. La alteración hidrotermal producida por los filones de cuarzo mineralizados en los dos tipos de granitos es la misma (sericítica y clorítica) variando únicamente en su intensidad.

En los filones de cuarzo con anomalía geoquímica de Au no se han observado partículas de este metal estando incluido probablemente en forma submicroscópica en la Arsenopirita.

**Palabras clave:** granitos, mineralización de W, As y Au, geoquímica, mineralogía, alteración hidrotermal.

The examined zone, with quartz vein mineralization in form of W, As and Au, consists of an anticline structure oriented NW-SE. The center is occupied by hercynian granites, basically biotite bearing, and on its flanks appears materials of the CEG. The vein mineralization is inserted in both rock types.

The geochemical and petrographical study shows two granite types, one with gold anomaly, the other does not have it.

The hydrothermal alteration caused by mineralised quartz veins in both granite types has originated the same sericite and chlorite with variations only in their intensity.

Microscopic studies shows that gold in either submicroscopic or lattice constituent of the arsenopyrite.

**Key words:** granites, W, As, Au mineralizations, geochemistry, mineralogy, hydrothermal alterations.

## INTRODUCCION

El área estudiada se encuentra situada al S de la provincia de Salamanca, a unos 60 Km de la capital, dentro de la hoja N.º 527 (Sequeros) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 y ubicada entre las localidades de El Cabaco y Peña de Francia (Fig. 1).

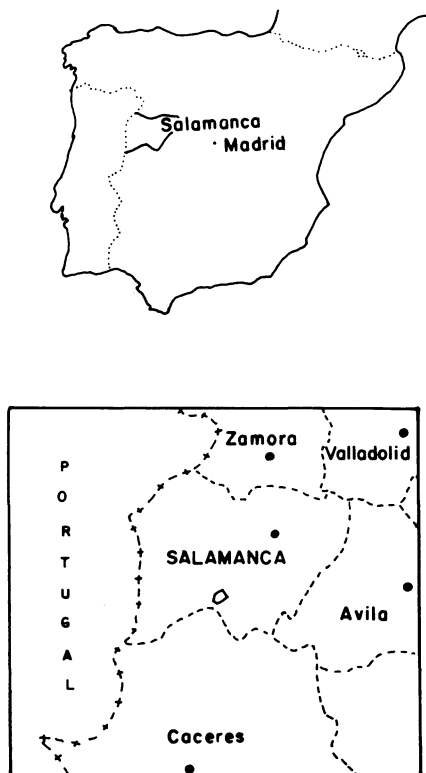


Fig. 1. Situación geográfica del área estudiada.

Geológicamente pertenece a la zona Centroibérica de JULIBERT *et al.*, 1972. Los materiales aflorantes son en su mayor parte del basamento Precámbrico y Paleozoico y estructuralmente se encuentran formando una gran antifforma de dirección NW-SE producida por la primera fase de deformación hercínica. Afloran en su núcleo distintos tipos de rocas ígneas, principalmente granitos biotíticos (UGIDOS,

1974), pertenecientes a la zona más noroccidental del batolito de la Sierra de Béjar. La antifforma está marcada en sus flancos por las cuarcitas del Ordovícico que se encuentran discordantes sobre los materiales del CEG (DÍAZ BALDA, 1983). La datación de estos últimos materiales es un tanto compleja, mientras que unos autores (LOTZE, 1945; ROLZ, 1972) lo consideran de edad Precámbrica, para otros corresponden al menos en parte al Cámbrico Inferior (TEIXEIRA, 1979) y algunos opinan que son de edad Cámbrica (BARD *et al.*, 1974). El hallazgo de Acrítarcos en lentejones de rocas carbonatadas en la parte superior del CEG (DÍEZ BALDA y FOURNIER VINAS, 1981) permiten datar como de edad Cámbrico Inferior, al menos en parte, los materiales más recientes del CEG, a la vez que se observa un tránsito continuo sin discordancia entre estos materiales y los pertenecientes al Cámbrico Inferior datado con Trilobites. DÍEZ BALDA (1981) hace una distinción en el CEG, definiendo una unidad inferior o Formación Monterrubio, y otra superior Formación Aldeatejada; estando constituida la primera por pizarras arenosas, pizarras negras bandeadas e intercalaciones de conglomerados, cuarcitas, microconglomerados y porfiroides. La Formación Aldeatejada es fundamentalmente pizarrosa con intercalaciones de areniscas, niveles carbonatados y paraconglomerados; en ella se encuentran los Acrítarcos mencionados anteriormente y se dispone concordantemente sobre la formación anterior. Sobre estos materiales se sitúan sedimentos más recientes (Terciario) que forman parte del borde suroccidental de la Cuenca del Duero.

La segunda fase de deformación no es visible en esta zona. La tercera produce grandes pliegues de dirección NW-SE de plano axial subvertical.

El metamorfismo regional alcanzado en esta zona según DÍEZ BALDA (1981) es de baja presión y alcanza su máximo durante la segunda fase de deformación hercínica; la intrusión de los granitoides de la Sierra de

Béjar es posterior al paroxismo metamórfico, ya que sus contactos cortan a las isogras (GARCIA de FIGUEROLA y FRANCO, 1975) y es anterior o simultáneo a la tercera fase.

Posteriormente toda la zona ha sido afectada por fracturas tardihercínicas de dirección NE-SW y NW-SE.

En el núcleo de la antiforma que nos encontramos en esta zona aflora principalmente un granito biotítico de grano medio (también aparecen minoritariamente otros tipos de granitoides), pero los filones que llevan la mineralización de dirección NE-SW se encuentran encajados en este granito.

La composición de este granito es feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa, biotita y moscovita, ésta en menor proporción. A veces se observan fenocristales de feldespato potásico pero su presencia es variable dependiendo del área estudiada. También aparecen, de forma esporádica, enclaves microdioríticos.

El emplazamiento del granito ha causado cierto grado de metamorfismo de contacto, provocando el desarrollo de cristales de andalucita en ocasiones, y sobre todo, nódulos de cordierita en los materiales adyacentes.

## MUESTREO Y METODOS ANALITICOS

En el contexto geológico descrito se encuentran antiguas explotaciones mineras de escasa importancia en cuanto a su tamaño pero que son muy numerosas en toda la zona y que principalmente eran de W(As) y antiguas labores romanas para Au.

Ante el conocimiento de una anomalía regional en oro (FRANCO *et al.*, 1987) y la existencia de las explotaciones mencionadas, se han estudiado detalladamente y se han muestreado 8 sondeos con recuperación de testigo, realizados y cedidos para su estudio por la Junta de Castilla y León, en tres zonas de esta misma área considerada con alto potencial metalífero por proyectos an-

teriores realizados también por esta misma Institución.

Todos estos sondeos atraviesan el granito biotítico y pretendían cortar en profundidad los filones que aparecen en superficie y que ya habían sido explotados antiguamente. Se han recogido muestras tanto de los granitos como de los filones de cuarzo contenidos en ellos; analizándose los elementos mayoritarios y algunos en trazas en las muestras de granitos y solamente algunas trazas en los filones cuaríferos. A la vez se ha realizado un estudio microscópico sobre una veintena de preparaciones y un estudio por Difracción de Rayos X para precisar la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales de los granitos encajantes de la mineralización.

Las técnicas analíticas utilizadas para ello han sido:

Fluorescencia de Rayos X para los análisis de Ba, Rb, As, Sb, Bi, Sr, Zr, Cu, Pb y Ti.

Espectrofometría de Absorción Atómica para Al, Fe, Mg, Ca, Na y K, además del Au. Para este último se ha realizado una disolución especial de la muestra previa al análisis sobre 15 g de la misma muy finamente pulverizada; ha sido disgregada con agua regia y bromo, previa calcinación a 500°C, posteriormente se realiza una extracción con acetato de amilo y se procede al análisis por Absorción Atómica.

La determinación del carbono ha sido llevada a cabo en el CARMOGRAPH 12 (Wosthoff), vía seca.

El muestreo de estos filones y granitos se efectuó con el criterio de definir el tipo de mineralización, asociaciones mineralógicas y tipología de las alteraciones hidrotermales producidas en los granitos por los fluidos mineralizadores.

## MINERALIZACION

*Mineralización en los filones de cuarzo.*  
Los filones se disponen en haces paralelos en

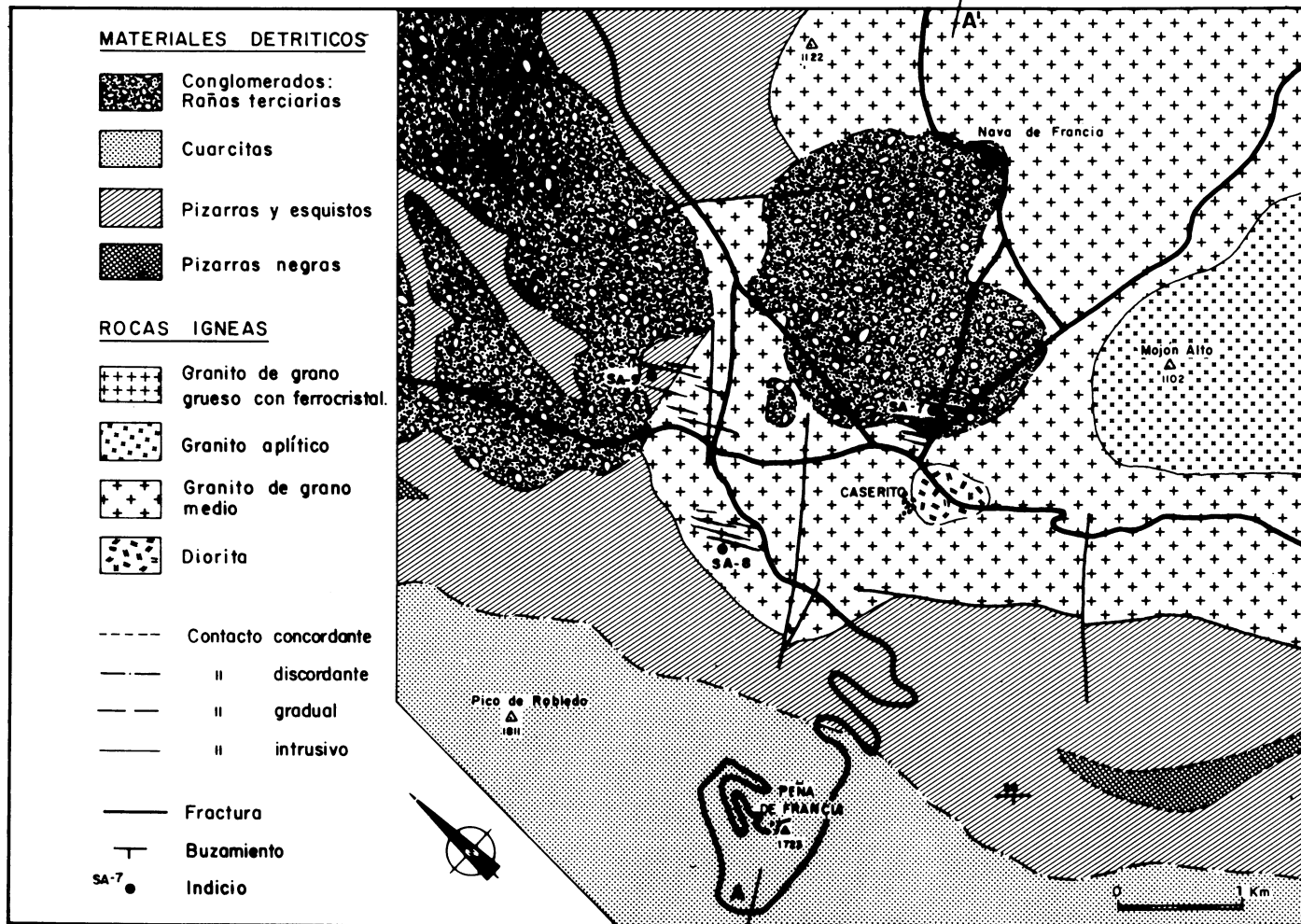


Fig. 2

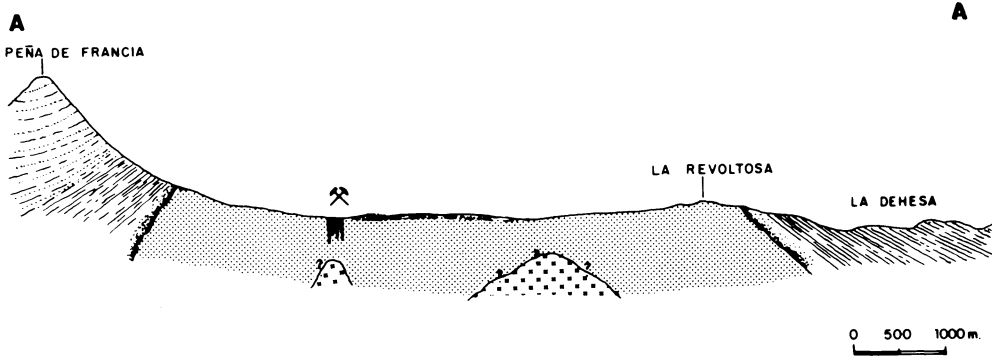


Fig. 2. Cartografía geológica de la zona de estudio y corte geológico NW-SW.

superficie, distinguiéndose tres zonas con una mayor densidad de ellos, y señalados en la cartografía (Fig. 2) como indicios, con la misma dirección NW-SE y subverticales.

Algunos de ellos tienen una longitud de varias centenas de metros, con una potencia variable de hasta una decena de metros, pero sin continuidad en profundidad como evidencian los sondeos realizados. Atraviesan tanto al granito biotítico como los materiales del CEG. Están mineralizados con Arsenopirita, Pirita, Wolframita y algo de Scheelita, apareciendo también un poco de Calcopirita.

Algunos de los análisis químicos de Au efectuados en muestras de estos valores de estos filones alcanzan varias decenas de ppm:

*Rango de valores: 0.1-30 ppm. Media aritmética: 9 ppm.*

Sin embargo, en el estudio microscópico por luz reflejada en probetas pulidas de muestras de estos filones no se ha observado ninguna partícula de oro. Su presencia como indica el análisis químico puede explicarse como inclusiones submicroscópicas o incluso como solución sólida en la Arsenopirita.

*Mineralización en los granitos.* Principalmente se encuentran dos tipos de mineralización:

1. En la alteración hidrotermal que producen los filones anteriormente menciona-

dos. Cuando esta alteración tiene mayor espesor suele estar producida por varios filones que llegan a alterar la roca granítica hasta una distancia de tres metros (Fig. 3). La mineralización, que se encuentra disemina-

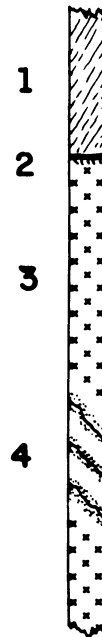


Fig. 3. Contacto granito-esquistos cortado por un sondeo a 90 m de profundidad. 1: CEG. 2: contacto silicificado con mineralización. 3: granito biotítico. 4: filones de cuarzo con sulfuros que originan alteración en los granitos.

da en los granitos alterados, es principalmente de Arsenopirita y Piritita con una anomalía geoquímica de Au. Pero puesto que ésta no se produce en todas las alteraciones de los granitos biotíticos se realizó un estudio geoquímico de detalle en los mismos, evidenciándose la existencia de dos tipos de granitos diferentes en origen, distinguibles únicamente por el análisis químico (Tabla I). El análisis discriminante efectuado con dichos datos separa más claramente entre estos dos tipos de granitos frescos. Sin embargo sus alteraciones hidrotermales respectivas se solapan (Fig. 4). Así pues se

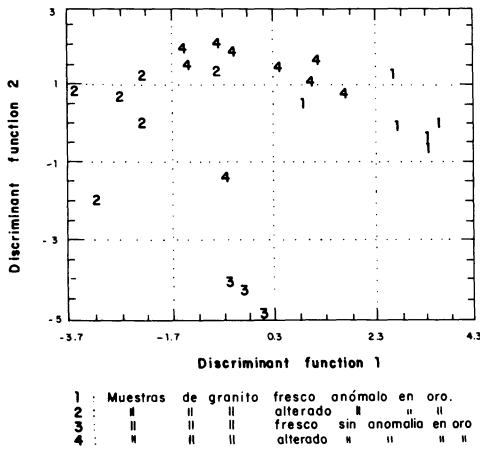


Fig. 4. Análisis discriminante, utilizando como variables  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  y densidad de la roca.

constata la existencia de dos tipos graníticos diferentes químicamente, donde la alteración de uno de ellos lleva asociada una anomalía de oro mientras que en el otro las alteraciones producidas por los filones no tienen asociada esa anomalía aurífera aunque sí una mineralización de sulfuros semejante (Tabla I).

2. Otro tipo de mineralización es la observada en el contacto del granito con los minerales del CEG (Fig. 3). Este contacto, que es únicamente cortado por un sondeo a unos 90 m de profundidad presenta una estructura silicificada de escasa potencia (20 cm), con poca mineralización, fundamen-

talmente de Arsenopirita; la concentración de Au es solamente de 0.2 ppm.

### ALTERACION DE LOS GRANITOS

En estas alteraciones producidas por los filones de cuarzo se encuentra diseminada fundamentalmente Arsenopirita y Piritita. Dicha alteración es sericitica y cloritica principalmente. Las plagioclasas se desestabilizan y se transforman en sericita y las biotitas pasan a cloritas progresivamente, comenzando en los bordes y a través de las líneas de exfoliación, llegando incluso a transformarse completamente. A veces en las salvas de los filones se llega a producir una intensa turmalinización y moscovitización.

Se ha efectuado un análisis de componentes principales con los análisis químicos de los granitos, tanto frescos como alterados, anómanos en Au, y se observan efectivamente separados (Fig. 5). Las muestras

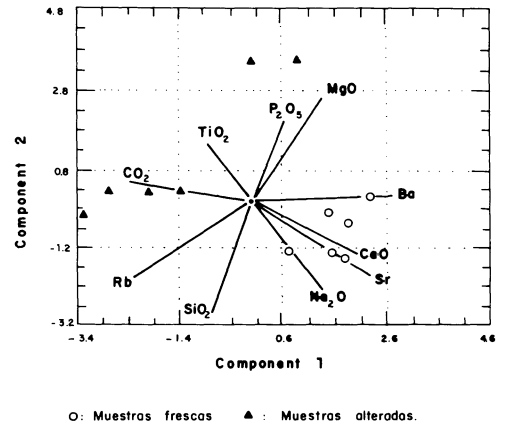


Fig. 5. Análisis de componentes principales.

frescas tienen valores del componente principal 1 mayores, siendo los elementos determinantes en este caso Sr, Ba y Ca, elementos afines a las plagioclasas; indicando que en las muestras frescas estos elementos no se han movilizado, mientras que en las otras lo han hecho parcial o totalmente dependien-

do del grado de destrucción de las plagioclasas.

Los valores del componente principal 2 de las muestras alteradas son mayores que aquellos de las frescas; los elementos involucrados son Mg, P y Ti, elementos afines a las illitas (sericita) procedentes de alteraciones de plagioclasas, y también a las cloritas de alteración de biotitas.

Esta movilidad de elementos de los granitos frescos respecto a los alterados queda reflejada mineralógicamente, como se observa en el estudio microscópico de láminas delgadas, por una transformación de plagioclasas en sericita y de biotitas en clorita.

Dado que la alteración de uno de los dos tipos graníticos encontrados presenta una anomalía en Au y la otra no, se ha realizado un estudio microscópico y por Difracción de Rayos X de ambas para distinguir las mineralógicamente (Tabla II). Se observa que las muestras anómalas en Au, estadísticamente no presentan restos de plagioclasas, al contrario de las no anómalas que conservan restos de dicho mineral una vez alteradas, siendo además la illita más abundante en aquellas. De todas formas el tipo de alteración es el mismo (sericítica y clorítica), observándose solamente diferencias en cuanto a la intensidad alcanzada.

Por otro lado se ha intentado establecer el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> mediante la relación molar CO<sub>2</sub>/Fe + Mg + Ca que es un indicador útil para medir el grado de carbonatización desarrollado por la alteración hidrotermal (KISHIDA *et al.*, 1987), pero no se han obtenido datos realmente esclarecedores en relación con la mineralización de Au, únicamente se observa una carbonati-

zación mayor en las rocas alteradas hidrotermalmente. Sin embargo, en aquellas no anómalas en Au los contenidos en carbonatos son claramente superiores. Conviene destacar que los mayores contenidos de Sb pertenecen a los granitos alterados anómalos en Au.

## CONCLUSIONES

En la zona estudiada, con mineralizaciones de W, As y Au, se distinguen dos tipos de granitos biotíticos, tanto petrográfica como geoquímicamente.

Existe una coincidencia entre el tipo de granito y la presencia o no de anomalía de Au, pero no hay suficientes criterios para asegurar una relación genética de dicha anomalía con un determinado tipo de granito. Siendo incluso probable atribuirle a una fracturación tardihercínica, de rango regional, que aparece en la zona de estudio.

La alteración hidrotermal producida por los filones en los dos tipos de granitos tiende a ser la misma (sericítica y clorítica), aunque guarda alguna diferencia en su intensidad.

En los filones de cuarzo la mineralización más abundante es Pirita y Arsenopirita, aunque también puede observarse Scheelita, Wolframita y algo de Calcopirita. No se han observado al microscopio partículas de Au, por lo que su presencia constatada por el análisis químico pudiera explicarse como inclusiones submicroscópicas o incluso como solución sólida en la Arsenopirita.

*Recibido, 20-III-89*

*Aceptado, 15-V-89*

**BIBLIOGRAFIA**

- BARD, J. P., CAPDEVILA, R., MATTE, Ph. & RIBEIRO, A. (1974). Le Precambrien de la Meseta Ibérique. Precambrien des zones mobiles de l'Europe. Conference Librice. Praga, 133-162.
- DIEZ BALDA, M. A. (1981). La estructura herciniana entre Salamanca y Sequeros (zona Centro-Ibérica). La superposición de fases y su influencia en la fábrica de las rocas. Cuad. Geol. Ibérica. vol. 7, 519-534.
- DIEZ BALDA, M. A. (1986). El Complejo Esquistograuváquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al sur de Salamanca. Ediciones Univ. Salamanca.
- DIEZ BALDA, M. A. y FOURNIER VINAS, Ch. (1981). Hallazgo de Acrítarcos en el CEG al sur de Salamanca. Acta Geol. Hispánica. Tomo 16, n.º 3.
- FRANCO, A., GARCIA SANCHEZ, A., GONZALO, F. y GRACIA, A. (1987). Prospección de oro en una zona del CEG. Guijuelo (Salamanca). Cuad. Lab. Geol. de Laxe. 11, 339-348.
- GARCIA DE FIGUEROLA L. C. Y FRANCO, P. (1975). Las formaciones infraorfovíticas y el borde de las granodioritas al E de Guijuelo (Salamanca). Estudios Geol., 31, 457-500.
- JULIVERT, M., FONTBOTE, J. M., RIBEIRO, A. y CONDE, L. E. (1972). Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares E. 1:1.000.000. IGME.
- KISHIDA, A. & KERRICH, R. (1987). Hydrothermal Alteration Zoning and Gold Concentration at the Kerr-Addison Archean Lode Gold Deposit, Kirkland Lake, Ontario. Econ. Geol., v. 82, 649-690.
- LOTZE, F. (1945). Observaciones respecto a la división de los variscides de la Meseta Ibérica. Publ. Extr. Geol. Esp., v. 1950.
- ROLZ, P. (1972). Beitrage zum Aufbau des junprä-Kambrischen und altapaläozoischen Grundgebirges in den Provinzen Salamanca und Cáceres (Sierra de Tamames, Sierra de Francia und östliche Sierra de Gata). Spanien (Ausng). Technischen Universität München.
- TEIXEIRA, C. (1979). Le Precambrien portugais. C. R. Somm. Soc. géol. France. 5-6: 228-230.
- UGIDOS, J. M. (1974). Granitos de dos micas y moscovíticos en la región de Barco de Avila-Plasencia y áreas adyacentes. Studia Geol., VII, 63-86.



TABLA I

	GF <sub>Au</sub>	GA <sub>Au</sub>	GF	GA
N.º Muestras	9	6	7	8
SiO <sub>2</sub> %	60.89	58.09	68.54	63.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	17.22	17.90	15.36	14.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	5.49	4.89	2.73	4.09
MgO %	2.41	2.61	1.61	2.10
CaO %	2.66	1.72	0.90	1.74
Na <sub>2</sub> O %	4.46	3.51	4.12	3.67
K <sub>2</sub> O %	4.76	4.85	5.00	4.29
TiO <sub>2</sub> %	0.44	0.75	< 0.10	0.39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.33	0.35	0.19	0.26
M. V. %	1.18	5.09	1.24	5.30
CO <sub>2</sub> %	0.18	1.23	0.24	3.75
Au ppm	0.24	0.10	< 0.05	< 0.05
As ppm	20	52	42	75
Sb ppm	6	12	< 5	6
Ba ppm	592	332	484	266
Bi ppm	11	13	14	15
Cu ppm	81	91	35	71
Pb ppm	19	33	30	20
Rb ppm	200	215	255	223
Sr ppm	168	44	171	87
Zr ppm	169	199	124	148
Y ppm	33	32	28	29
Dens. (g/cm <sub>3</sub> )	2.72	2.70	2.68	2.72
(3K + Na)/Al *	1.30	1.18	1.51	1.33
3K/Al *	0.88	0.86	1.06	0.93
Na/Al *	0.42	0.31	0.43	0.39
CO <sub>2</sub> /Ca + Mg + Fe *	0.01	0.48	0.08	0.49

Valores medios de los análisis químicos de los granitos.

GF<sub>Au</sub>: granitos frescos anómalos en Au; GA<sub>Au</sub>: granitos alterados anómalos en Au; GF: granitos frescos sin anomalía en Au; GA: granitos alterados sin anomalía en Au.

\* Índices de saturación sobre la intensidad de la alteración de KISHIDA & KERRICH (1987): moscovita + albita; moscovita; albita y carbonatos, respectivamente (relaciones molares).

TABLA II

MUESTRA	CLORITA	ILLITA	CUARZO	FELD. K.	PLAGIOCL.	DOLOM.	CALCITA
C-3 GA.Au	--	46	54	--	--	--	--
C-4 "	1	68	10	20	--	1	--
C-8 "	--	44	48	--	--	6	2
C-9 "	1	70	14	15	--	--	--
C-V "	24	18	40	--	18	--	--
C-A "	--	59	41	--	--	--	--
C-57.GA	--	18	33	16	33	--	--
C-58 "	6	23	20	21	28	2	--
C-63 "	--	26	36	--	5	33	--
C-66 "	5	36	12	--	41	6	--

Composición mineralógica (%), obtenida por Difracción de Rayos X.

GA.Au: granitos alterados anómalos en Au.

GA: granitos alterados no anómalos en Au.