

Estudios mineralogénicos en el borde granítico de Linares de Riofrío-Fuentes de Béjar (Salamanca)

por

JULIO SAAVEDRA ALONSO (*), ENCARNACIÓN PELLITERO PASCUAL (**),
MOISÉS EGIDO MANZANO (*),
M. DEL CARMEN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ (**)

RESUMEN

La presencia de antiguas labores de explotación de plomo en Casas de Monleón (Salamanca) indica una mineralización susceptible de repetirse en lugares próximos. Con este objeto se ha procedido al estudio del yacimiento y la roca encajante correspondiente, así como de todo el contacto al este de Linares. Esta investigación ha demostrado el carácter endomórfico de parte del granito de contacto, en donde está enclavada la mineralización, y el origen hidrotermal tardío del yacimiento. El granito fue alterado por fluidos portadores de mineral, pero la mineralización no pasó a la aureola metamórfica.

La prospección geoquímica de los elementos Pb, Cu, Zn y Ag en las zonas circunscritas al yacimiento no mostró anomalías significativas de interés. El fondo geoquímico más alto corresponde a las rocas carbonatadas.

SUMMARY

Old mining in Casas de Monleón, Salamanca province, show the presence of a lead mineralization that be found in other parts of the same area.

For this purpose, a mineralogical and metallogenical study of the deposit and the contact toward E. of Linares has been made. It proved the endomorphic character of the granit where the bed minerals and the endomorphic character of the granit where the bed minerals are located; the hidrothermal origin of the ore body, and the strong alteration of the granit by the mineralizing fluids. However, no ore was found in the metamorphic rocks at the contact.

A geochemical prospecting for Pb, Cu, Zn and Ag in the surrounding areas showed no interesting anomalies. The higher geochemical background corresponds to the carbonate rocks.

INTRODUCCIÓN

La aureola y el borde granítico existente entre Linares y Guijuelo han sido escasamente estudiados. Tan sólo en algunos trabajos de índole general se dan ciertos datos de interés para nuestro propósito (SCHMIDT-THOME, 1950; KINDELAN, 1957). En ciertas localidades hay indicios de alguna explotación

(*) Sección de Mineralogía y Petrografía del Centro de Edafología y Biología Aplicada del CSIC de Salamanca.

(**) Departamento de Mineralogía y Cristalografía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca.

mineral, realizada anárquica y rudimentariamente, yacimientos que pronto se abandonaron ante las dificultades de explotación, carencia de medios adecuados y pobreza aparente.

Una de estas labores está situada en las inmediatas cercanías de Casas de Monleón. Se trata de una concentración de galena, trabajada a pico y pala y sin otro criterio que excavar donde era visible el mineral. Sin embargo, en las proximidades existe una red de filones cuarcíferos y enclaves de rocas carbonatadas en el granito. Estos hechos hicieron sospechar la posibilidad de otras concentraciones, no muy visibles, por lo que se creyó de interés una investigación de la posible naturaleza metalogénica del granito y una prospección geoquímica sobre suelos residuales, singularmente en los enclaves y según la dirección de los diques de cuarzo. Del mismo modo se ha investigado la posibilidad en el área y características de los contactos encontrados de granito-rocas carbonatadas.

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

De los trabajos de los autores citados se concluye que el granito pertenece a la orogenia herciniana y es discordante respecto a las rocas encajantes. Este granito atravesaría un paquete de rocas de edad aún no determinada. La existencia de ciertas formas fósiles, encontradas en uno de los enclaves (SAAVEDRA, 1970), conduce a los autores de este trabajo a opinar que se trata de formaciones del Paleozoico inferior.

La aureola presenta distintas gradaciones metamórficas, desde filitas y esquistos micáceos hasta cornubianitas. La presencia de neis es escasa. Tampoco hay uniformidad en los tipos de metamorfismo ni en la amplitud de la citada aureola, aunque es potente en general.

Dentro de la masa ígnea y metamórfica se presentan cubiertas casi desaparecidas, todas en franco proceso de erosión, de derrubios y formaciones rañoides (SAAVEDRA, 1970). En el tramo indicado no se señalan granitos de anatexia ni migmatitas. Como minerales típicos de esta aureola aparecen cordierita, y, más raramente, andalucita, junto con los comunes en este tipo de rocas.

La región ha sido intensamente plegada entre el Paleozoico y el Mesozoico inferior, encontrándose actualmente convertida en una zona con topografía suave. Los movimientos orogénicos más modernos han ocasionado una fracturación acusada, y en ciertos lugares SCHMIDT-TOME (1950) indica la presencia de masas de granito más reciente.

La dirección tectónica dominante es SW, mientras que los filones de cuarzo procedentes del granito tienen, como ocurre generalmente en toda la meseta herciniana, dirección SW.

MÉTODOS

A) Toma de muestras.

El desmuestre de suelos residuales para la prospección geoquímica se realizó tras un conocimiento edafológico general. La zona presenta perfiles de alteración correspondientes a suelos poco maduros, en los que el predominio

de la roca madre es considerable. En general son poco profundos y evolucionados. Los procedentes de arrastres se acumulan en zonas relativamente restringidas, pero en ciertos casos es preciso tenerlos en cuenta. La toma se realizó a 10 cm. de profundidad, por simple excavación. Se tomó en cada caso un peso de muestra nunca inferior a 200 g. El suelo se tamizó en el momento de la toma por paso a través de tamiz de 2 mm. Normalmente el tamiz es más estrecho, de unas 80 mallas, fracción en la que va la mayoría de los elementos y se evitan las anomalías no significativas del plomo, que tiende a dar aglomerados procedentes de la descomposición de la galena. Sin embargo, era necesaria para otros fines esta malla gruesa. En el laboratorio se procedió a la preparación cuidadosa de estas muestras.

La pulverización se efectuó con ayuda de un molino de muelas de hierro, con lo que se pudo asegurar que no había contaminación para los elementos investigados y se efectuó tras un previo secado al aire. Las muestras se conservaron, desde que fueron tomadas, en bolsas de material plástico. Preparadas de esta forma, se procedió a la determinación química, sin separar previamente la materia orgánica, presente en escasa cantidad en estos suelos.

Los lugares de desmuestra más distantes entre sí fueron localizados directamente en la fotografía aérea. En los restantes fué medida.

b) *Procedimientos de determinación química.*

El análisis de los cuatro elementos ofrecía dos problemas: el ataque y la extracción y la determinación en sí. En realidad, no interesa aquí la cantidad absoluta, sino los aumentos relativos sobre el término medio. Si existe mineralización, se produce un incremento en formas químicas fácilmente atacables, pues en rocas no mineralizadas los elementos pueden entrar en las redes de los silicatos dificultando su extracción.

Estas razones hicieron descartar los métodos de extracción cuantitativos clásicos, generalmente basados en disgregaciones, elevadas temperaturas y material especial que alargan la determinación. Las extracciones por vía húmeda son mucho más rápidas y se adaptan mejor al análisis de gran número de muestras. No son, en general, cuantitativas, pero permiten recoger prácticamente el total del elemento en la mineralización y más del 90 por 100 del existente en los silicatos, ya que en suelos la meteorización ha destruido gran parte del retículo cristalino de la roca ígnea.

La determinación cuantitativa en sí no ofreció duda: se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, cuyas ventajas son indudables. Para estos elementos no hay interferencia alguna, analizándose directamente en la disolución de muestra atacada, sin operación previa alguna.

Los métodos consultados en la bibliografía (ALMOND, STEVENS and LAKIN, 1949; HAWKES and WEBB, 1962; WARD, LAKIN and CANNEY, 1963; BANK BELT, 1964; STANTON, 1966; HUFFMAN, MENSİK and RADER, 1966; ANGIÑO and BILLINGS, 1967; BODKIN, MEDLIN and SUHR, 1969) permitieron establecer un procedimiento rápido adaptado a este tipo de muestras; 1 g. de la misma se ataca por 10 ml. de una mezcla de ClH y NO_3H 9: 1 volúmenes de los ácidos concentrados, en tubo de vidrio de 190×16 mm. aforado a 25 ml. Se calientan 20-30 min. al baño maría, se deja enfriar tras un ajuste de acidez (ha

de quedar débilmente ácido) se enrasa y se centrifuga o deja sedimentar, procediéndose a la medida. En este caso se utilizó un espectrofotómetro Perkin-Elmer modelo 303, con llama aire-acetileno para los cuatro elementos, usando de escala X5 ó X10 para Cu, Pb y Ag. El ataque puede realizarse simultáneamente para 100 muestras sin dificultad.

GEOLOGÍA

El contacto granítico entre Linares de Riofrío y Gallegos del Solmirón, al SE de Salamanca, presenta interesantes posibilidades de mineralización a causa de la naturaleza del Paleozoico en la zona, que contiene bancos calcáreos impuros. Por esta razón se ha creído de interés efectuar un estudio preliminar de éste en las proximidades del contacto que pudiera orientar sobre las posibles concentraciones de elementos.

a) *Rocas ígneas.*

En general, pueden considerarse como granodioritas. Sin embargo, presentan características variables. Los granitos en Linares, como en la mayor parte del batolito, son biotíticos, con plagioclasas del término obligoclasa e inclusiones frecuentes. Pero en las cercanías de Monleón, el contacto cambia hacia el SE y aparecen granitos condieríticos, con plagioclasas del término andesina, que hemos observado hasta los alrededores de Los Santos. La cordierita, presente en general como mineral accesorio, está muy alterada en su mayoría (fig. 1). Sin embargo, puede observarse ocasionalmente fresca (figura 2), lo que permite su inequívoca determinación.

Mas al S. el contenido en cordierita aumenta, como puede observarse en Cristóbal, e incluso se hace mineral esencial en Colmenar de Montemayor.

Del mismo modo, los xenolitos enealógenos o endopoligénicos se hacen extraordinariamente abundantes. Los gabarros de pizarras presentan minerales metamórficos que en raras ocasiones son cordierita. Pero a pocos kms. hacia el E de Los Santos decrece el número de xenolitos, quedando como en Linares de Riofrío. La masa granítica es atravesada con más frecuencia por filones de cuarzo.

El desarrollo de granitos de facies de borde es también variable, desde ser prácticamente nulo hasta espesores de 500-800 m. en puntos del tramo Los Santos-Valdelacasa.

La influencia de las rocas del borde es acusada en ocasiones. Los cristales gruesos de feldespato pueden predominar, juntamente con xenolitos, quedando como accesorios los restantes componentes (contacto en el término de Fuenterroble). Junto al pueblo de Casas de Monleón se observa la disposición de los fenocristales de dirección NW, paralela al contacto en ese lugar y a la del gran enclave que se citará más adelante. Sin embargo, no parece haber un proceso de asimilación muy fuerte en general.

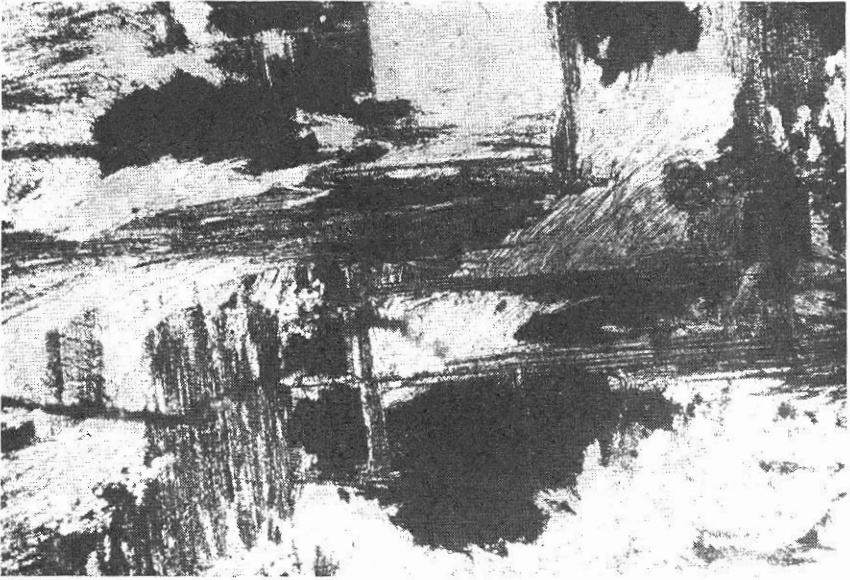


Fig. 1.—Cordierita pinnitizada. Obsérvese la disposición aparente ortogonal de los minerales secundarios.

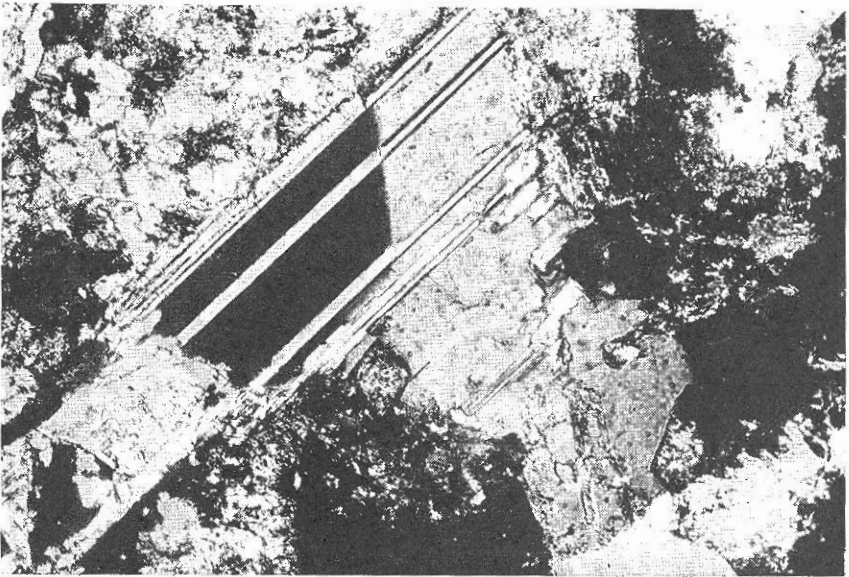


Fig. 2.—Cordierita poco alterada, con maclado típico.

b) *Rocas no ígneas.*

Fundamentalmente, el basamento primario está formado por pizarras y esquistos, con ocasionales intercalaciones de cuarcitas y rocas carbonatadas con detríticos gruesos. La dirección general de los estratos, es SE. En la figura 3 se señala la disposición de estas rocas.

La presencia del granito provocó un empuje, con modificación de buzamiento y dirección en el contacto. Así, aparece una estructura levemente sinclinal entre las rocas del contacto y las del basamento en los alrededores de Los Santos. Del mismo modo, cabe señalar los cambios de dirección de 90.º de las calizas de Monleón y de 45º en Los Santos, en inmediato contacto con el granito, y el de buzamiento junto a Casas de Monleón (quedan perpendiculares), en un resto en el interior del granito.

Dominan fundamentalmente las pizarras con lechos intercalados de calizas, en concordancia. Entre Fuenterroble y Salvatierra aparecen las calizas rodeadas de pizarras silíceas, claramente diferenciables de las filitas y pizarras arcillosas de la zona. A ambos lados del camino viejo de Endrinal a Los Santos, en el borde N de las calizas, existen biostromos. Otras señales litorales son: ripple mark, en las pizarras silíceas entre Monleón y Los Santos, en las calizas impuras en el granito en La Calera (Casas de Monleón) y en el monte Los Santos y, finalmente, formas fósiles arrecifales que parecen corresponder al Cámbrico y aparecen con estromatolitos en la aludida La Calera.

Finalmente, hemos detectado alguna roca carbonatada en el contacto granítico en el límite de las provincias de Salamanca y Avila (Monte Mambrú, 6 Km. al E. de Cespedosa).

El metamorfismo de contacto hasta las proximidades de Guijuelo conduce a cornubianitas y pizarras mosqueadas. Pero cerca de Los Santos hacen su aparición micacitas, que alcanzan mayor desarrollo al E. Entonces se observa un polimetamorfismo notable. Así, en la Sierra de La Ventosa, que nace a 3 Km. al N de Bercimuelle, se ven distintos plegamientos en las micacitas, fácilmente discernibles.

Lo anteriormente expuesto ya sugiere el interés geoquímico y mineralógico de los contactos graníticos con las calizas, que son altamente impuras: contienen arcillas, carbonato de magnesio, etc. La variedad petrográfica y posibilidades de yacimientos metasomáticos son altas.

Hemos localizado y estudiado con distinta profundidad tres contactos inmediatos granito-caliza.

1) En Monleón. Junto al célebre castillo hay una mancha de dirección E-W en el sentido de su mayor dimensión. Existe algún metasomatismo, pero no encontramos más que un yacimiento de calcopirita filoniano. El metamorfismo ha conducido a la formación de granates, aparentemente zonados, pero no ha sido muy intenso.

2) En Casas de Monleón. Desde esta localidad a Los Santos el granito está atravesado por gran número de filones de cuarzo, portando algunos galena y pirita, con piromorfita, como mineral secundario principal. Dado que allí se encuentra una masa de calizas fosilíferas y pizarras completamente rodeadas de granito, creímos de gran interés el realizar un prospección geo-

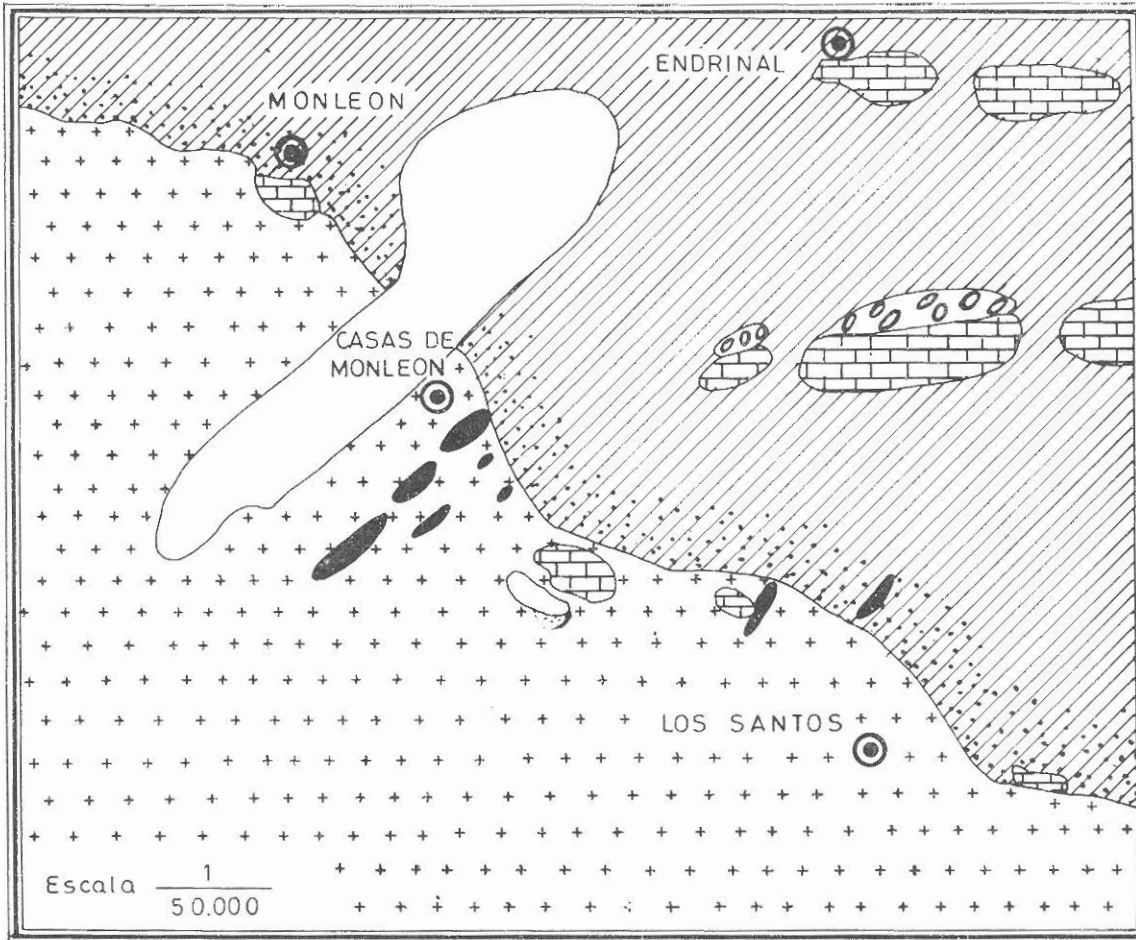


Fig. 3.—Cartografía general del área estudiada.

química y un estudio detallado que constituye una parte importante de este trabajo.

3) En Los Santos. Contrariamente a las localidades aludidas, aquí hay un metasomatismo, que ha conducido a la formación de minerales notables. Aparecen: vesubiana, granates, wollastonita, etc. El granito ha penetrado a través de las capas carbonatadas. En él se observan xenolitos de estas rocas, indicio de la profunda intrusión. El metasomatismo también ha contribuido, pues hemos detectado la presencia de scheelita, aunque en cantidad no explotable. Este contacto es de gran importancia y creemos que muy destacable, por lo que se está estudiando detalladamente.

c) *El yacimiento de Casas de Monleón.*

El enclave de calizas dolomíticas (fig. 4) tiene una longitud máxima de 1.000 metros por 300 metros de anchura. Al SW se encuentra otro enclave, constituido enteramente por cornubianitas. La capa de derrubios que cubre la unión de ambos impide apreciar si ésta se completa. El conjunto está separado de la aureola unos cientos de metros y no aparece mineralización.

La composición del granito en este enclave es anormal. Destacan las estructuras, reliquias de los minerales metamórficos antes existentes. El predominio de las plagioclasas sobre la ortosa es indiscutible. Si en la masa principal aquellas eran, frecuentemente, del término oligoclasa, aquí son ordinariamente andesinas. El apatito abunda igualmente. El carácter fuertemente inclinado hacia términos ricos en Ca, en las plagioclasas, se pone de relieve por la aparición de calcita al descomponerse.

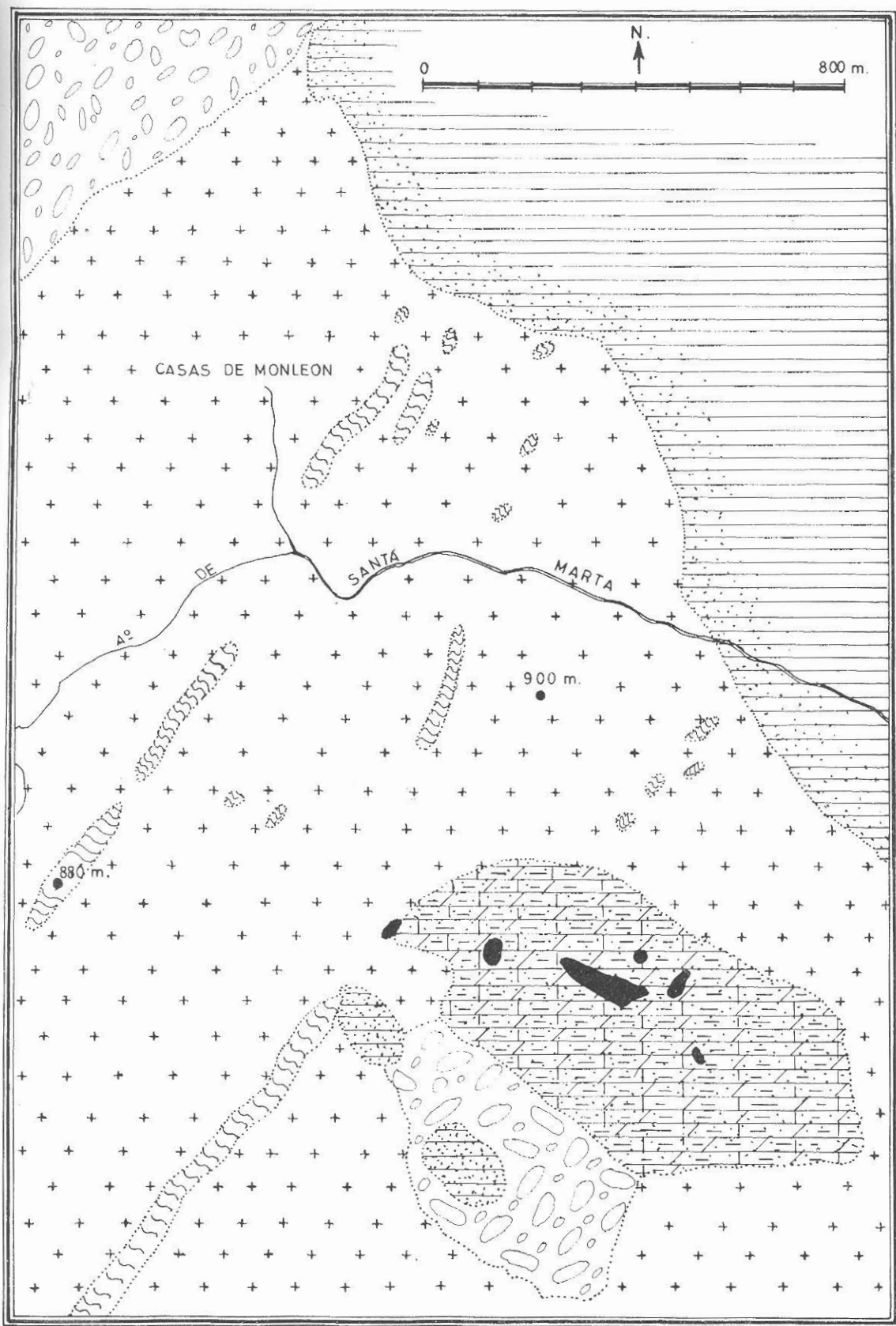
En lugares aparecen los filones de cuarzo, se hace evidente la presencia de fluidos que alteraron el granito, provocando la caolinización de la ortosa, sericitización de las plagioclasas y formación de calcita y moscovitización de la biotita. De la misma manera, los enclaves o, con menos probabilidad, productos de segregación, están descompuestos igualmente. En cualquier caso no se ha observado que pasen los filones a la aureola, es decir, son intragraníticos en general.

En la zona mineralizada son frecuentes los diques de aplitas en los que no se observa alteración hidrotermal. Un estudio de diversas muestras de contacto aplita-granito muestra que, en todos los casos, la alteración afecta exclusivamente a los minerales del granito. En las aplitas es muy frecuente la turmalina, generalmente acompañada de piritas.

El resto de los minerales presentes en los filoncillos de cuarzo que atraviesan las aplitas son todos sulfurados, excepto los derivados de la galena. Efectivamente, aparece piromorfita en cristales verdosos típicos, generalmente de pequeño tamaño, acompañados de cuarzo o galena más o menos alterada. Sobre las masas de galena hay, a veces, cantidades más reducidas de cerusita en cristales tabulares, transparentes, más escasos que los anteriores.

La calcopirita existe, pero es mucho más escasa que la pirita. En bastantes ocasiones se observan sus productos de alteración, malaquita y azurita, pero siempre en cantidades escasas.

Los diques de cuarzo destacan fácilmente sobre el terreno, formando



LEYENDA

-  Rañas y derrubios
-  Pizarras
-  Calizas dolomíticas con intercalaciones pizarrosas
-  Diques de cuarzo
-  Diques de cuarzo y ortosa
-  Granito adamellitico
-  Metamórfico

Fig. 4.—Cartografía geológica de las inmediaciones de Casas de Monleón (Salamanca).

cerros estrechos, alargados en dirección NE. Su paralelismo es general. Pero a veces son, propiamente, una serie de filoncillos próximos separados por estrechas bandas de granito.

RESULTADOS ANALITICOS

En la tabla I se indican las cantidades de Pb, Zn y Cu encontradas en las muestras de suelos, expresadas en partes por millón del elemento metálico. No se incluye Ag por no presentar variaciones significativas: todos los valores están incluidos en el intervalo 0,5-1,2 ppm de Ag. Los suelos son en su mayoría residuales, pero cabe perfectamente influencia mutua de las rocas que se traducen en los análisis.

TABLA I

Contenidos en Pb, Cu y Zn en suelos desarrollados sobre las distintas rocas.

N.º de muestras	Tipo de roca	PPmCu		PPm Zn		PPm Pb	
		VM	VE	VM	VE	VM	VE
92	Granito	22	10-63	45	8-130	92	10-1570
19	Cuarzo	16	10-35	25	5-54	55	10-215
12	Caliza dolomítica	76	53-155	102	73-200	123	82-228
	Pizaras metamórficas y rañas.	27	10-68	40	8-105	72	25-105

VM = Valor medio; VE = Valores extremos.

DISCUSION

a) *La mineralización y las rocas encajantes.*

El estudio del borde granítico desde Linares conduce a algo evidente: ha existido cierta asimilación, como prueban la existencia de minerales altamente metamórficos en el interior del granito. La existencia de feldespatos zonados en el contacto es frecuente, siendo un indicio de la falta de equilibrio y, probablemente, de la influencia de las rocas de la aureola. La asimilación correspondería a una reacción química entre el granito y las pizarras paleozoicas o calizas, corroborando ésto la aparición de enclaves con foliación típica de las rocas aludidas. Pero, en rigor no siempre se puede asegurar la procedencia de los gabarros. En ciertos lugares del término de Casas de Monleón la desaparición, más o menos completa, de ortosa a expensas de la plagioclasa ha conducido a un granito tipo granodiorita y quizá con términos aún más básicos. La emigración del K ha debido de ser notable, puesto que los minerales potásicos en este granito son biotita y ortosa, principalmente, cuyas cantidades no son elevadas.

Es, pues, indudable que han existido emigraciones químicas, centrífugas y centrípetas, en los granitos. La asimilación ha conducido a la formación de

enclaves en distintos grados de metamorfismo. Probablemente, ciertas inclusiones consideradas como enclaves endopoligénicos puedan tratarse de rocas ígneas ya primitivamente o productos de segregación granítica, pues el endomorfismo favorece esto último.

En resumen, los fenómenos ocurridos indican que este granito es poco eficaz desde el punto de vista metalogénico. La aureola, relativamente amplia, la emigración de elementos, los posibles productos de diferenciación y la presencia de venas aplíticas recientes son hechos que abonan en parte la anterior opinión. Los productos de emanaciones fluidas son frecuentes. La cantidad de apatito en estas granodioritas es anormalmente alta.

El origen de la mineralización de plomo es claramente hidrotermal de baja temperatura. Los fluidos que ocasionaron una descomposición de feldespatos y micas no conservaron ningún mineral con Na. En los casos que existía andalucita o cordierita son visibles sus productos de alteración. La mineralización, pues, no se originó a causa de segregación o diferenciación, sino de emisiones fluidas que alteraron profundamente la roca encajante.

b) *La prospección geoquímica.*

La investigación en torno a la mineralización conocida no ha dado anomalías significativas. Tan sólo para el Pb se observa una fuerte concentración respecto a la media en las proximidades del contacto, tabla I, justamente donde se efectuaron las labores. Otro tanto cabe decir del valor siguiente en magnitud.

Los valores más altos del ángulo SE de la zona de la fig. 4 no indican anomalías significativas. Simplemente, son un índice de mayor extracción de elementos en el ataque químico. Estos valores se sitúan sobre el enclave de rocas carbonatadas; el ataque de estos materiales es mucho más fácil que el de los silicatos del granito. Una observación detallada corroboró este hecho. Tan sólo se encontró una pequeña cantidad de pirita, normal en estas rocas, y un ligero metasomatismo junto a las cornubianitas.

Dada la elevación de dicho enclave, el arrastre ha hecho que sus laderas, singularmente al NW y SW, se cubran de los materiales de la cima. Por esta razón, los valores son más altos que los correspondientes al granito, que es la roca subyacente.

Los valores inferiores o no detectados se encuentran situados sobre los diques de cuarzo. El suelo correspondiente es, sobre todo, silíceo, por lo que la presencia de minerales portadores de estos elementos se hace más escasa en variedad.

CONCLUSIONES

Como resultados de este estudio, se puede afirmar que en el contacto granítico considerado ha habido ciertos procesos de metamorfismo y asimilación de rocas encajantes, calizas dolomíticas y pizarras. Como consecuencia, se han formado diversos productos de las reacciones químicas correspondientes. Sin embargo, aunque estos fenómenos aumentan las probabilidades de mineralización, la prospección geoquímica afectuada en unos 2 Km. alrededor del

yacimiento aparentemente prometedor de Casas de Monleón no ha dado anomalías significativas para los elementos Pb, Cu, Zn y Ag.

La mineralización de Pb, claramente hidrotermal, se encuentra en filones y venas cuarcíferas formadas a partir de soluciones mineralizadoras que alteraron fuertemente las rocas encajantes.

AGRADECIMIENTO.—Los autores agradecerán al Prof. D. Antonio Arribas Moreno su ayuda en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMOND, H.; STEVENS, R. E., & LAKIN, H. W.
1949. Part. 7. A confined-spot method for the determination of traces of silver in soils and rocks. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 992, 71-81.
- ANGINO, E., & BILLINGS, K.
1967. Atomic absorption spectrometry in geology. Elsevier. Amsterdam.
- BANKS BELT, C., Jr.
1964. Atomic absorption spectrophotometry and the analysis of silicate rocks for copper and zinc. *Econ. Geol.*, 59, 240-258, 1964.
- HAWKES, H. E., & WEEB, J. S.
1962. Geochemistry in mineral exploration. Harper and Row, New York.
- HUFFMAN, C., Jr.; MENSIK, J. D., & RADRE, L. F.
1966. Determination of silver in mineralized rocks by atomic absorption spectrophotometry. *U. S. Geol. Survey*, prof. Paper, 550-B, B189-B191.
- KINDELAN, A.
1957. Mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja 527. Sequeros (Salamanca). Instituto Geológico y Minero. Madrid.
- MEDLIN, J. H.; SUHR, N. H., & BODKIN, J. B.
1969. Atomic absorption analysis of silicates employing LiBO₂ fusion. *Atom. Abs. Newsletter*, 8, 25-29.
- SAAVEDRA, J.
1970. Las formaciones paleozoicas de la comarca salmantina Sierra de Francia y sus procesos de alteración. Tesis doctoral. Salamanca.
- SCHMIDT-THOME, P.
1950. Basamento paleozoico y cobertura moderna en la parte occidental de España central (provincias de Salamanca y Cáceres). Trad. J. M. Ríos. CSIC. Madrid.
- STANTON, R. E.
1966. Rapid methods of trace analysis for geochemical application. E. Arnold. London.
- WARD, F. N.; LAKIN, H. W., & CANNEY, F. C.
1963. Analytical methods used in geochemical exploration by the U. S. Geological Survey. *Geol. Surv. Bull.*, 1.152.