

CARACTERISTICAS Y PROBABLE GENESIS DE UNA ESTRUCTURA TIPICA EN GRANITOS MINERALIZADOS DE LA PROVINCIA DE CACERES (ESPAÑA)

J. SAAVEDRA*

A. ARRIBAS*

RESUMEN.—Se describe en este trabajo una estructura bandeada de origen hidrotermal, análoga a los anillos de Liesegang, que existe en varios granitos con mineralizaciones de estaño y wolframio de la provincia de Cáceres, en la región centro oriental de España.

Se discuten las características químicas y mineralógicas de dichos granitos, y sus condiciones de yacimiento, y se hace una interpretación genética de aquellas estructuras aplicando la teoría cromatográfica a este sistema natural.

SUMMARY.—A banded structure, similar to Liesegang rings of hydrothermal origin, characteristic of some tin-wolfram bearing granites of the Cáceres province, in the central part of western Spain, is described in this paper.

The morphological, mineralogical and chemical features of the granitic outcrops are given, and a genetic explanation of those structures, applying the chromatographic theory to this natural system, is discussed.

INTRODUCCION

La peculiar estructura que se describe en este trabajo ha sido observada en varias localidades de la provincia de Cáceres: en el granito de El Trasilón, 12 kms. al S de la capital; en numerosos puntos del borde N y NW del granito de Albalá, de los cuales, el más espectacular está en las inmediaciones y al N del pueblo de Aldea del Cano, junto a la carretera Gijón-Sevilla; en la base del Castillo de Trujillo, en esta misma ciudad; en el granito de Alburquerque (Valencia de Alcántara) y, ya fuera de España, en Beirã (Portugal); y, finalmente, en el granito encajante de las mineralizaciones estanníferas situadas sobre el borde septentrional del batolito del Monte Jálama, en el límite con la provincia de Salamanca.

Esta estructura consiste en una serie de anillos coloreados de diferente diámetro, el cual varía desde unos centímetros a varios metros, formada por

* Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad, y Sección de Mineralogía del Centro de Edafología de Salamanca.

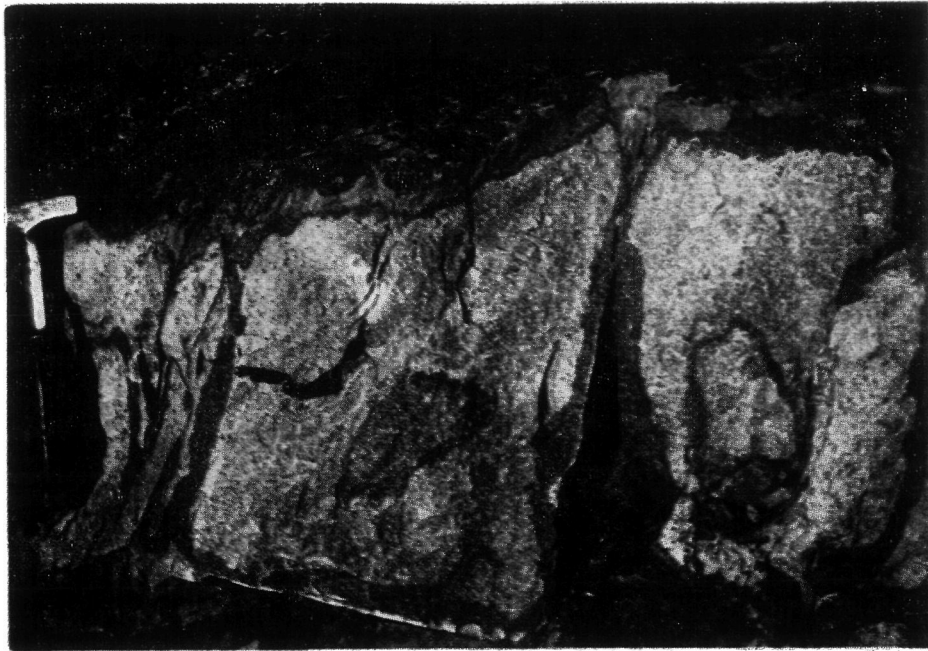


FIG. 1

Aspectos de los anillos de Liesegang, formados por bandas alternantes con clorita y epidota, en el granito leucocrático que aflora al sur del pueblo de Torreorgaz (Cáceres)

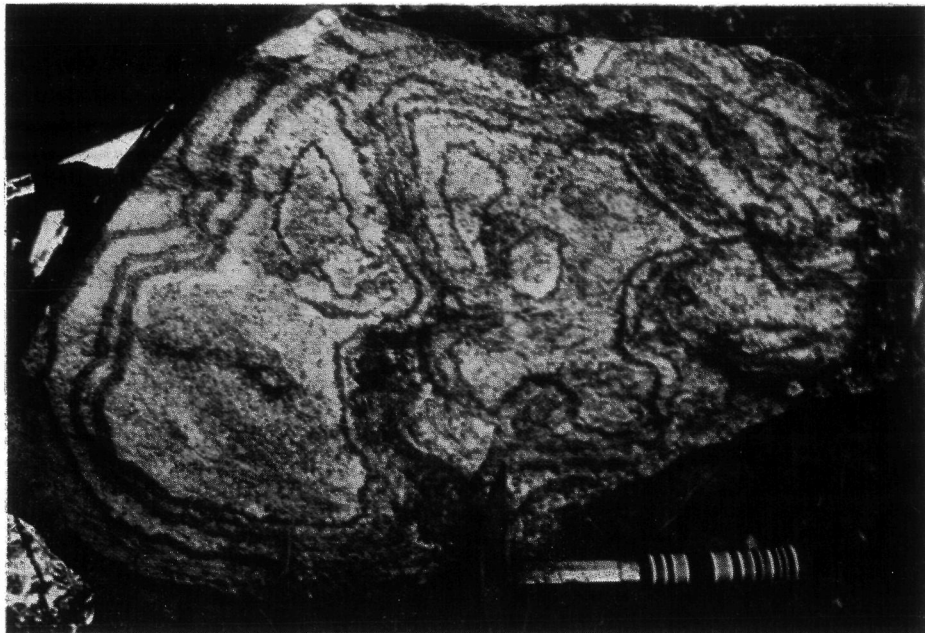


FIG. 2

Granito de Albalá, en la provincia de Cáceres, junto a la carretera Gijón - Sevilla. Las bandas coloreadas, verdes y amarillas, que se desarrollan a partir de los planos de disyunción de la roca, rodean núcleos de granito leucocrático, de color gris azulado, con dumortierita

franjas alternantes que gradualmente pasan de color verde a amarillo y están separadas entre sí por granito leucocrático sobre el que destacan, a veces, manchas puntuales y dispersas de óxidos de hierro (Fig. 1).

En todos los lugares donde se presentan estas estructuras son claramente observables los siguientes hechos:

- se sitúan siempre en el contacto con las rocas encajantes, bien sean éstas esquistos u otros tipos de granito, y en las diferenciaciones cupuliformes de estos últimos, en zonas donde la profundidad de emplazamiento no ha sido grande.
- el granito dominante en la región, generalmente porfiroide y de grano grueso, contiene minerales que indican su gran riqueza en aluminio: moscovita, cordierita, silimanita y andalucita.
- los granitos leucocráticos, en los que aparecen las bandas anulares coloreadas, son claramente tardíos respecto al granito anterior, y presentan diaclasas y líneas de fractura bien definidas y características. Generalmente existen en las proximidades yacimientos de la paragénesis wolfrano-estaño.
- las bandas verdoso-amarillentas se desarrollan sobre las líneas de fractura que limitan los bloques paralelepípedicos de disyunción, en dirección centrípeta, formando anillos sucesivos de menor dimensión cuyo borde interno está ocupado por la clorita, y que dejan entre sí espacios blancos sobre los que destacan las manchas ferruginosas puntiformes (Fig. 2). En algunas ocasiones, estas bandas verdes y amarillas rodean, a su vez, núcleos más resistentes de color gris azulado, en los que son visibles pequeñas inclusiones brillantes de minerales metálicos.
- al microscopio, se observa que el intenso color verde y amarillo de las bandas anulares se debe, en realidad, a la superposición, por transparencia a través de los minerales de la roca, del color producido por finos cristales de clorita verde —probablemente ripidolita, dadas sus características ópticas— y epidota amarilla, contenidos principalmente en microfisuras del cuarzo y los feldespatos, y en planos de exfoliación de la moscovita, y menos frecuentemente en microfracturas de la roca. En ocasiones, la presencia de dumortierita en cristales, o en láminas dentro de esas mismas microestructuras, confiere a la roca el color gris azulado que caracteriza a los nódulos situados en el centro de las bandas verde-amarillentas.

Caracteres mineralógicos y químicos de los granitos leucocráticos

Los granitos moscovíticos en los que se desarrollan las bandas coloreadas son rocas compactas, de grano fino a medio, con textura frecuentemente aplítica, francamente leucocráticos.

Al microscopio se ven que están formados fundamentalmente por cristales entrelazados de albita y moscovita, y por otros de cuarzo que atacan a estos minerales y rellenan los espacios intergranulares. Como minerales accesorios, el más abundante es el topacio, en cristales con tendencia al idio-

morfismo, más o menos alterados y reemplazados por dumortierita, que parecen haberse formado al mismo tiempo que los otros minerales de la roca, es decir, en la fase principal de consolidación magmática. Le siguen en importancia el apatito y la allanita, mientras que el circón es, por el contrario, bastante raro.

Como minerales accidentales, no siempre presentes, pertenecientes a una fase posterior, neumatolítica, se encuentran: turmalina, correspondiente a una variedad poco o nada pleocroica, probablemente elbaita, dada la composición química del granito; dumortierita, que generalmente reemplaza al topacio, o se introduce en microfisuras de de los otros minerales; algunos minerales metálicos, concretamente piritita y arsenopiritita; y otros cristales de topacio, mucho más pequeños que los de la fase anterior, que han crecido entre los bordes de los minerales anteriormente formados, o aparecen alineados a lo largo de planos que coinciden con microfisuras de la roca.

Finalmente, cuando los granitos leucocráticos muestran bandas coloreadas, la composición mineralógica varía claramente en lo que se refiere a los minerales accesorios, ya que es a ellos a los que se debe el color de las bandas. En este caso, aparecen: clorita, una variedad con birrefringencia y colores de polarización altos, probablemente ripidolita; epidota, ligeramente pleocroica; y hematites, la cual reemplaza fundamentalmente a los pequeños cristales metamícticos de allanita. Todos estos minerales se disponen, tal y como se ha indicado anteriormente, en las microestructuras de la roca, y proporcionan a las bandas coloreadas los tonos verdes, amarillos y rojizos que las caracterizan.

Como se verá más adelante, la formación de los minerales que dan lugar a la aparición de los anillos coloreados se puede atribuir a una fase póstuma de la consolidación magmática, es decir, a la fase hidrotermal.

La composición química media de varias muestras del granito leucocrático es la siguiente:

<i>Elementos mayoritarios</i>		<i>Elementos en traza</i>	
SiO ₂	71.69 %	Ba	27 ppm.
Al ₂ O ₃	16.67	Co	<10
Fe ₂ O ₃	0.63	Cr	13
TiO ₂	0.04	Cu	<10
MnO	0.05	Ni	<10
M ₃ O	0.27	Sr	<10
CaO	0.09	V	<10
Na ₂ O	4.10	Li	455
K ₂ O	3.46	Rb	585
Vol.	1.80	Cs	112
Total.....	98.79	Pb	6

<i>Composición normativa (mesonorma de Barth)</i>	
Cuarzo	34.8 %
Albita	36.4
Ortosa	2.7
Moscovita	23.6
Biotita	2.3
Total.....	99.8

Por lo que se refiere a las bandas coloreadas, el análisis químico del granito correspondiente a una de ellas muestra únicamente una notable acumulación de algunos elementos en traza, tales como el Rb (1 %) y Pb (500 ppm).

Sobre el terreno, las estructuras bandeadas recuerdan extraordinariamente a los anillos de Liesegang que se forman en muchos tipos de roca por alteración meteórica o durante la diagénesis. En este caso, sin embargo, parece indiscutible su origen endógeno, lo cual representaría la existencia de un nuevo tipo de anillos de Liesegang sobre el cual no hemos encontrado referencia alguna en la bibliografía.

Hipótesis genética

Todo lo anteriormente expuesto permite dar una primera explicación sobre la génesis, en condiciones hidrotermales, de estos anillos de Liesegang; explicación que podrá ser más precisa cuando el estudio detallado de más casos y el empleo de técnicas más finas —microsonda electrónica, separación y análisis por diversos procedimientos de los minerales característicos de las bandas coloreadas, los cuales aparecen en cantidades ínfimas— hagan posible una generalización del fenómeno.

La observación microscópica del granito de grano grueso dominante en la región demuestra que en él son muy abundantes las plagioclasas zonadas, con el núcleo sericitizado, rodeadas por una corona albítica o de oligoclasa sódica. Debido a ello, el calcio correspondiente a las zonas alteradas ha debido incorporarse a los fluidos tardíos, mientras que el del apatito y los otros minerales cálcicos permanece en estos minerales precoces. De la misma manera, es evidente el proceso de transformación de la biotita, principalmente la moscovitización, lo que implica un enriquecimiento en hierro y magnesio de la fase fluida, si bien, parte del hierro, puede haber permanecido como óxido. Igualmente, por tratarse de granitos hiperalumínicos, se explica fácilmente la presencia de este elemento en dicha fase. En conse-

cuencia, la fase fluida, enriquecida en los componentes citados, es la que impregna la porción más superficial de los batolitos, precisamente aquella en donde aparecen los leucogranitos.

El problema de la relación fase condensada-fase fluida fue estimado siempre de gran importancia y, por tal motivo, ha recibido considerable atención. Sin embargo, como desde el punto de vista geológico la complicación es muy grande, sólo en fechas relativamente recientes se ha podido desarrollar el fundamento teórico correspondiente. En este campo, los trabajos más importantes culminaron en 1959 con la obra de KORZHINSKII, en la que este autor establece que la fase fluida —en nuestro caso, una disolución hidrotermal— que impregna una roca puede desplazarse a causa del gradiente de los potenciales químicos, fenómeno de importancia reducida en un caso real, o de la presión, muy importante en aquellos procesos en los que actúan fuerzas tectónicas.

Así, durante el desplazamiento de los fluidos por el gradiente de presión, las posibilidades de reacción (“metasomatismo de infiltración”) son notables, lo que depende además del grado de saturación, con respecto a un determinado componente, de las disoluciones que entran en juego. Según esto, cuando cristaliza un mineral en el seno de una disolución impregnante, se cumple la relación:

$$P_m - P_l = R T \rho_m \ln \frac{C_m}{C_m^s}$$

P_m y P_l = valores respectivos de la presión sobre el mineral y de la presión de la disolución impregnante.

R = cte. de los gases: 0.082 l. ats./mol. °K.

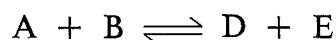
T = T^{ra} , °K.

ρ_m = peso específico del mineral.

C_m y C_m^s = valores respectivos de la concentración del mineral en la solución, y de aquélla cuando la presión sobre el mineral es igual a la de la solución que lo impregna.

Si sobre este sistema actúa una fuerza, se desplazará el equilibrio, precipitando o disolviéndose la fase mineral hasta el restablecimiento de aquél; entonces se podría estar en las condiciones aludidas en este trabajo, ya que la tectónica tardía posthercínica pudo provocar un agrietamiento del granito leucocrático consolidado y empapado de fluidos.

BARABANOV (1965) ha investigado este caso. Supone que si una fisura del granito, de volumen V_0 , se llena con una disolución que percola a través de la roca, se establece el equilibrio



A = mineral o minerales que forman la roca.

B = disolución que contiene un compuesto soluble.

D = componente menos soluble.

E = compuesto más soluble.

Si la fuerza tectónica ocasiona una abertura mayor de la grieta, el volumen se incrementa, $V = V_1 - V_0$, y disminuyen por tanto la presión y la temperatura de la disolución que en ella se encuentra. Entonces disminuye la solubilidad del compuesto D, y el mineral más insoluble precipita.

HOFMANN (1972) ha aplicado a este modelo la teoría de la columna estratigráfica, demostrando que es un proceso de cambio iónico. Así, las variaciones finitas a lo largo de la columna —en este caso, el sistema natural grieta-fluidos impregnantes— se traducen en equilibrios puntuales, esto es:

$$\frac{\Delta C_f}{\Delta C_s} = \frac{dC_f}{dC_s}$$

C_f y C_s = concentraciones de un componente en las fases fluida y sólida, respectivamente.

Por lo tanto, los cambios mineralógicos reflejarán los cambios en la composición química de los fluidos que intervienen en el proceso cromatográfico (HELFFERICH, 1962). En consecuencia, los elementos en traza de radio iónico pequeño, muy grande, o de carga elevada, podrán avanzar más que los mayoritarios, al no estar aquéllos en concentración suficiente para formar minerales propios.

Así pues, al menos teóricamente, puede explicarse el fenómeno observado en la naturaleza. En esquema, existiría un período inicial de consolidación, el cual habría dado lugar a la génesis del granito leucocrático impregnado de fluidos ricos en volátiles —hierro, calcio, magnesio y aluminio—, seguido de una etapa en la que la tectónica tardi o postmagmática provocaría la formación y desarrollo de microfisuras, y posteriormente grietas, estableciéndose un gradiente de presión que permitiría la circulación de fluidos. En estas fisuras, la disminución de presión ocasionaría la precipita-

ción sucesiva de los minerales más insolubles: epidota y clorita. Por un lado, todo el calcio —el elemento más escaso— y parte del hierro, aluminio y los volátiles, producirían la epidota; por otro, los mismos elementos, menos el calcio, darían lugar a la aparición de la clorita; y finalmente, con el hierro restante, se formaría la hematites. Paralelamente se habrían concentrado los elementos en traza que cumplieran las condiciones antes señaladas, tal y como se ha visto que ocurre aquí con el rubidio y el plomo.

Naturalmente, en condiciones diferentes —mayor profundidad o diferente producto de solubilidad— los minerales insolubles serían quizá distintos, pudiendo llegar a producirse una zonación metasomática de minerales todos leucocráticos que sólo podría ser puesta de manifiesto por observaciones geoquímicas o mineralógicas, en este caso microscópicas, pero no a simple vista.

En conclusión, el fenómeno descrito en este trabajo habría sido debido a una circunstancia termodinámicamente fortuita y muy especial. Su frecuente asociación con las mineralizaciones de estaño y wolframio se explicaría por el hecho de que en un fluido residual enriquecido en volátiles dichos elementos pueden estar concentrados, por lixiviación, al estado de complejos oxihalogenados u oxigenados.

BIBLIOGRAFIA

- BARABANOV, V. F. (1965): *Nature of greisenization process in wallrock zone and formation of metasomatic concretionary veins of greisen type*. Int. Geol. Rew., 8, 770-782.
- HELFFERICH, F. (1962): *Ion exchange*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- HOFMANN, A. (1972): *Chromatographic theory of infiltration metasomatism and its applications to feldspars*. Am. J. Sci., 272, 69-90.
- KORZHINSKII, D. S. (1959): *Physicochemical basis of the analysis of the paragenesis of minerals*. Consultants Bur., New York.